Catalogue

assorti de commentaires d'une sélection de stages

conçus et animés par le réseau des

Instituts de **R**echerche sur l'**E**nseignement des **M**athématiques

réalisés dans le cadre des

Plans **A**cadémiques de **F**ormation

DOCUMENT DE TRAVAIL

Les IREM fournissent de quoi aider les enseignants dans l'accomplissement de leurs missions, de quoi motiver et mettre en activité les élèves. Les IREM travaillent non seulement à accompagner les réformes du Ministère de l'Education Nationale, mais aussi, de manière plus indépendante et innovante, à développer la recherche en didactique, à observer et anticiper les évolutions sociétales, à infléchir le développement des technologies éducatives.

L'Assemblée des Directeurs d'IREM (ADIREM) désire que ce projet éditorial de catalogue attire l'attention sur quelques unes des formations IREM. Le présent catalogue pourrait être prolongé et complété au delà de la seule année du Plan Académique de Formation 2011. Il commente une sélection de stages. Il a été pensé comme une première invitation:

- à visiter des processus longs du travail des IREM, depuis les réflexions menées au sein d'un groupe jusqu'aux publications en passant par les stages inscrits au PAF ;
- à réfléchir sur le passé récent et le rôle à venir des IREM.

L'ADIREM a le souci de donner un aperçu de la diversité des savoirs et des savoir-faire du réseau et de nourrir une réflexion critique et constructive. Les commentaires et propositions qu'on y formule étant relativement étoffés, il est clair que ce catalogue ne vise nullement à l'exhaustivité. Seuls sept stages y sont présentés. En conséquence, d'excellentes formations, d'excellentes brochures, et même des champs entiers, comme les probabilités et statistiques, n'y sont pas cités. Des prolongements à ce projet éditorial pourront combler ces lacunes.

Un catalogue exhaustif des formations PAF 2008-2009, sous l'impulsion de l'IREM de Lille et faisant suite à un travail initié à l'IREM de Rouen a été publié sur le site de l'IREM de Lille[1]. Le présent catalogue commenté, portant essentiellement sur le PAF 2009-2010, aborde l'aspect qualitatif plutôt que quantitatif et exhaustif, parle du cœur de métier des IREM plutôt que de sa puissance d'impact.

La présentation de chaque stage retenu dans ce catalogue est encadrée par un *préambule* et se conclut par un exposé des perspectives d'évolution. Dans le préambule, on expose les raisons d'ordre général qui ont contribué à la sélection du stage. On fait immédiatement suivre la présentation du stage par un paragraphe « *bilan et perspectives* », où l'on s'efforce de dégager des idées d'évolutions pour alimenter le débat au sein du réseau, et, plus largement, au sein de l'Education Nationale. Pour ne pas alourdir ces paragraphes, on a par deux fois renvoyé le lecteur à une annexe substantielle, où est décrite de manière détaillée une proposition.

Par ce travail, l'ADIREM nourrit l'ambition de dialoguer avec les différents acteurs concernés - au niveau national comme régional – par le dossier complexe de la formation continue. Dans la mesure du possible, un exemplaire papier de ce catalogue leur sera adressé.

Par ailleurs, en publiant la version électronique sur le portail des IREM, l'ADIREM vise de plus à donner davantage envie aux enseignants du secondaire de participer aux formations, en leur démontrant la qualité de l'offre des IREM au PAF.

L'ADIREM souhaite que ce catalogue commenté parvienne en outre à stimuler des échanges inter-IREM. Chaque responsable de stage dont on présente ici le travail aurait grand plaisir à exposer et transmettre son savoir et savoir-faire à quelque collaborateur du réseau qui lui en ferait la demande. Son adresse mél est pour cela fournie.

Les IREM sont donc invités à tester la transférabilité de leurs formations d'une académie à une autre, lorsque besoin se fait sentir. Ainsi le réseau des IREM pourra-t-il s'appuyer sur ce catalogue commenté pour poursuivre et approfondir sa réflexion sur la capitalisation et la transmission de son cœur de métier.

Enfin, l'ADIREM a toujours recherché les meilleures voies de coopération avec ses tutelles ministérielles de l'Education Nationale et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Une partie substantielle de ce document énonce des propositions pour poursuivre en bonne intelligence cette coopération. L'ADIREM n'en est pas moins acculée aujourd'hui à interpeller ses tutelles pour obtenir les moyens à la hauteur des objectifs consensuels. Un décalage prolongé entre les moyens accordés et les fins ambitieuses pourrait avoir des conséquences fâcheuses.

L'ADIREM tient à souligner que si le temps est de l'argent, alors une formation continue de qualité est un investissement très rentable. Car une formation continue digne de ce nom est une manière efficace de condenser le temps : encadrés par des experts, les enseignants apprennent en une journée de stage ce qu'ils mettraient plusieurs semaines à assimiler, ou n'assimileraient jamais, qui plus est en passant par de multiples phases de découragements, néfastes pour leur engagement professionnel. Ce serait une grave erreur que de laisser les enseignants se former uniquement en autodidactes au moyen d'échanges sur les forums internet ou les Espaces Numériques de Travail.

[1] http://irem.univ-lille1.fr/Recensement/Recensement_stages_IREM_20100325.pdf

DOCUMENT DE TRAVAIL

Ceux qui parlent avec béatitude d'internet (« tout est disponible en quelques clics ») échappent rarement à l'une des catégories suivantes : soit ils sont suffisamment jeunes ou ignorants pour qu'à leurs yeux tout ce qui est vieux paraisse indigne d'intérêt; soit ils se donnent des airs de jeunesse ou, pire, feignent l'ignorance. Parmi ces derniers, il y a ceux qui refusent de voir les dangers de l'atrophie des moyens consacrés à la formation continue et tentent d'embrigader les enseignants désemparés à coups de « *la formation continue est morte, vive l'auto-formation !* ». L'ADIREM voit malheureusement émerger moins distinctement l'impact positif de l'auto-formation que l'impact négatif de l'auto-aveuglement.

En tout cas une petite enquête chez les enseignants fait ressortir une certain mécontentement.

En substance : « *On nous parle de la formation tout au long de la vie...Ne s'agirait-il pas plutôt d'une auto-formation jusqu'au bout de la nuit ?* »

DOCUMENT DE TRAVAIL

Que tous les collaborateurs du réseau des IREM qui ont répondu promptement et copieusement aux questions que l'ADIREM leur a adressées soient ici chaleureusement remerciés.

- 1- Stage **« Mathématiques et sciences physiques »** IREM de Besançon

Préambule

Faut-il le rappeler, l'interaction entre savoirs disciplinaires ne va pas de soi, en matière d'éducation comme dans d'autres secteurs. Il est malaisé de faire collaborer de manière convaincante des enseignants dont la formation initiale est très (trop ?) spécialisée, et ce depuis plus d'un siècle. L'ancien Ministre de l'Education Nationale Jean-Pierre Chevènement assume résolument la spécialisation dans son audition devant la commission Pochard[2], mais ce point de vue est devenu très minoritaire. Les bibliothèques personnelles des enseignants témoigneraient probablement du prolongement de cette spécialisation au-delà du temps de la formation initiale: à des ouvrages sortant du cadre strict de sa spécialité n'est réservée que la portion congrue. Les IUFM ont pu tenter, avec divers dispositifs, d'élargir le champ culturel général des futurs enseignants en sciences, mais l'impact de ces initiatives reste faible. La récente réforme du recrutement des enseignants et la refonte et redistribution des missions de formation initiale sont l'objet d'inquiétudes fortes[3].

Le phénomène de spécialisation relève du trait culturel profond. Par exemple nos savants les plus éminents, sont, à quelques exceptions près, des hyper-spécialistes : il en va de leur réussite professionnelle. On peine à identifier, après Henri Poincaré, des scientifiques dont les recherches ont fait significativement avancer les sciences physiques et les mathématiques. Le vingtième siècle a vu s'accentuer sensiblement la spécialisation professionnelle. La fragmentation des savoirs s'enracine donc dans une histoire longue et dans une sociologie.

L'histoire récente vient brouiller un peu les cartes : le brusque avènement de technologies numériques bouscule les rapports aux savoirs. La rapidité des réponses à une requête d'information sur internet et la simplicité avec laquelle quiconque peut formater une compilation d'éléments en quelque diaporama, composé à coups de grossiers copier-coller, produisent parfois un *ersatz* de travail de la part d'élèves, et, par suite, un simulacre-mirage de savoir. Dans ce contexte culturel complexe propice à de multiples illusions et rêves de facilité, le travail de fond que mène le réseau des IREM n'en est que plus nécessaire et pertinent.

L'Education Nationale continuera à peiner à imposer au corps enseignant des objectifs transdisciplinaires tant que les enseignants demeureront cruellement impréparés. Outre la carence en préparation, de nombreux enseignants soulèvent le problème tabou de la surcharge de travail que suppose l'élaboration d'une séance transdisciplinaire de qualité : le temps de coordination des deux ou trois enseignants impliqués n'est pas reconnu par l'institution comme étant nettement supérieur à un temps de préparation d'une séance classique mono-disciplinaire.

Rappelons quelques éléments d'innovations programmatiques, ne serait-ce que depuis l'année 2000. L'Education Nationale a introduit d'une épreuve pratique au concours de l'agrégation, dite de modélisation. Parallèlement ont été introduits avec des succès contrastés les itinéraires de découvertes au collège (IDD), les travaux personnels encadrés (TPE) au lycée, les projets pluritechniques encadrés (PPE) en Terminale S - Sciences de l'Ingénieur, les travaux d'initiative

[2] Voir par exemple son audition : http://www.education.gouv.fr/cid5617/les-auditions.html#6 .

[3] Cette réforme est décrite de manière non polémique et néanmoins alarmiste par Sylvie Coppé, présidente de la Commission Inter IREM de Recherche sur la Formation des Enseignants de Mathématiques, dans un article récent paru dans la revue **petit x** (http://www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_x/)

DOCUMENT DE TRAVAIL

personnels encadrés (TIPE) en classes préparatoires aux grandes écoles. Le réseau des IREM a loyalement joué le jeu de ces innovations, même avec des moyens que l'on peut trouver bien chiches au regard des enjeux.

Le réseau des IREM a eu plus récemment l'occasion d'accompagner et d'observer des expériences pilote, telle l'« option-science » pour la classe de seconde. Lors de la dernière réforme des lycées, une massification quelque peu hâtive a été tentée par le Ministère de l'Education Nationale, avec l'enseignement d'exploration « Méthodes et Pratiques Scientifiques ». Le dispositif des MPS, dans un contexte de réduction de moyens, n'a pas fait consensus chez les enseignants. L'Education Nationale propose pour la rentrée prochaine une quatrième option en Terminale S, l'option informatique et sciences du numérique (ISN), dans laquelle place a été faite à une pédagogie par projets technologiques, ce qui requiert un minimum de compétences pluridisciplinaires.

De l'avis quasi-unanime, les innovations de cette dernière décennie ont été l'occasion d'expériences pédagogiques très contrastées, de la plus enthousiasmante à la plus désolante. Pour que le croisement de savoirs disciplinaires soit plus systématiquement fécond et que des professeurs de sciences de la vie et de la terre, de sciences physiques et de mathématiques collaborent avec bonheur, il faudra continuer à déployer beaucoup d'énergie et de talent, à tous les niveaux, comme cela est fait à l'IREM de Besançon et dans beaucoup d'autres IREM où l'on s'est sérieusement intéressé aux problématiques de la modélisation et aux mathématiques appliquées. Le réseau des IREM peut donc se vanter que d'être en mesure d'offrir des stages de qualité sur cette problématique épineuse de l'interdisciplinarité, tels le stage « Mathématiques et Sciences physiques » du Plan Académique de Formation de Franche Comté.

1A – Gestation des stages **« Mathématiques et sciences physiques » IREM de Besançon**

Contact : Françoise de Labachelerie flabachel@free.fr

C'est au sein du groupe de travail « *Mathématiques et sciences-physiques* » que l'IREM de Besançon a réuni des enseignants des deux disciplines et de l'enseignement secondaire comme du supérieur. Ce groupe a conçu chaque année une formation sur un thème physico-mathématique nouveau. Les premiers stages proposés étaient des stages d'établissement (essentiellement dans les établissements d'exercice des différents animateurs). Par la suite, et ce depuis plus de cinq ans, les stages ont été inscrits au PAF dans les deux disciplines (mathématiques et sciences physiques) à destination de l'ensemble des collègues de l'Académie de Besançon.

L'intitulé retenu cette année 2010-2011 est « *Présentation de problèmes issus de sciences physiques. Résolution de ces problèmes selon différentes modélisations. Confrontation des résultats théoriques et expérimentaux. Explicitation des outils et concepts mathématiques mis en jeu* ». Les intitulés précédents, quoique légèrement différents, étaient dans le même esprit. Les objectifs et méthodes de travail sont reconduits et retravaillés d'une année à l'autre, et deux invariants se dégagent:

- le point de départ des travaux est toujours un problème issu des sciences-physiques ;
- l'activité proposée est d'abord expérimentée en situation réelle d'enseignement, quitte à être réajustée, avant d'être reproposée dans le cadre du stage.

Les thèmes abordés varient d'une année à l'autre ; dans les parties 1B et 1C sont données des précisions sur les thèmes des stages des années scolaires 2009-2010 et 2010-2011, à savoir :

DOCUMENT DE TRAVAIL

- Détermination de l'altitude de l'ISS (Station Spatiale Internationale) par une mesure de parallaxe. (2009-2010)
- Dilution saline. (2009-2010)
- Autour de la réfraction. (2010-2011)
- Autour de Kepler. (2010-2011)

Dans chacun des cas, le stage a duré 6 heures, il est proposé sur une journée, chacune des deux demi-journées étant consacrée à l'un des thèmes. A été choisie une durée de stage assez courte pour ne pas perdre en attractivité auprès des enseignants qui craignent de s'absenter plus d'une journée. Une journée pleine a été préférée à deux demi-journées espacées dans le temps. D'une part pour des problèmes de déplacements et de défraiements, d'autre part, parce que le temps du déjeuner est un moment précieux pour les échanges entre stagiaires, et pour que les animateurs perçoivent, même de manière informelle, les attentes (comblées ou déçues) de leurs stagiaires.

1B – Documents ressources qui ont inspiré les concepteurs du stage :

- Pour le thème *Détermination de l'altitude de l'ISS (Station Spatiale Internationale) par une mesure de parallaxe*. (proposé au PAF 2009-2010), le point de départ a été un article écrit par Pierre Nardon dans la revue l'Astronomie (n°7, juillet/août 2008).
- Pour le thème *Dilution saline*. (également proposé au PAF 2009-2010), c'est une présentation faite par Marc Rogalski lors d'un atelier à l'université d'été de Saint Flour en Août 2008 qui a été reprise et adaptée. Les actes de cette université d'été sont consultables en ligne à partir du site Eduscol. Un problème similaire est également traité dans un article de Pierre Duplaa, publié dans le bulletin de l'union des professeurs de physique et de chimie d'octobre 2008.
- Pour le thème *Autour de la réfraction* (proposé au PAF 2010-2011), les différentes activités ont été conçues essentiellement à partir de manuels scolaires, ainsi que le livre « Jeux de lumière, Les phénomènes lumineux du ciel », aux éditions Cêtre, de Françoise Suagher et Jean-Paul Parisot qui propose, en plus de magnifiques photos, une annexe avec une présentation de la réfraction, et une explication de différents phénomènes naturels, notamment de l'arc en ciel.
- Pour le thème *Autour de Johannes Kepler* (proposé au PAF 2010-2011) a été utilisé un article de Blaise Simon (*in* Cahier Clairaut n°117 du printemps 2007), sur la méthode utilisée par Kepler pour déterminer l'orbite de la Terre. Par ailleurs, le chapitre IV, du livre « Les pommes de Newton », aux éditions Albin Michel Sciences, de Jean-Marie Vigoureux est consacré à la vie et aux recherches de Kepler. La demi-journée sur Kepler a d'ailleurs commencé par une conférence de Jean- Marie Vigoureux, enseignant-chercheur à l'université de Franche- Comté qui participe régulièrement aux réunions du groupe Math-physique.

1C – Documents ressources réalisés par le groupe

Le groupe a écrit deux brochures :

- Des activités mathématiques-physique en classe de seconde (parue en 2002, voir http://publimath.irem.univ-mrs.fr/biblio/IBC02002.htm).
- Les fonctions en mathématiques et en sciences physiques. Accords et variations de la seconde à la terminale (parue en 2008 http://publimath.irem.univ-mrs.fr/biblio/IBC08002.htm).

DOCUMENT DE TRAVAIL

D'autres documents ressources, dans des formats didactiques pertinents (fiche prof, fiche élève, etc.), sont disponibles sur le site de l'IREM de Franche-Comté:

http://www-irem.univ-fcomte.fr/pages/fr/menu2562/ressources-en-ligne/groupe-math-phys-14472-13511.html

1D – Bilan et perspectives

La plupart des documents utilisés sont disponibles en ligne (*cf.* 1C), et sont de nature à aider à un éventuel transfert inter-IREM et à enrichir le travail mené dans d'autres IREM sur des sujets connexes. Ce type de formation paraît transférable dans d'autres IREM, sous réserve que se constituent des groupes IREM de travail réunissant des enseignants de mathématiques**,** de sciences physiques en élargissant jusqu'aux SVT, en particulier pour labourer le champ des MPS. Des collaborations entre enseignants en techno-maths et en sciences physiques pourraient être également encouragées, en cohérence avec la nouvelle option ISN en Terminale S.

La formation de l'IREM de Besançon a eu la chance de pouvoir recruter des stagiaires des deux disciplines, mais les administrations rectorales ont pu parfois faire preuve de rigidité, en imposant un public mono-disciplinaire pour des propositions IREM de stages pluridisciplinaires. Les cadres administratifs devront donc être assouplis à l'image de ce qu'a permis le Rectorat de Besançon.

Il est souhaitable que de tels stages se généralisent et recrutent leurs stagiaires en incitant des inscriptions de deux (ou, éventuellement, de trois) professeurs des deux (respectivement trois) disciplines d'un même établissement. D'aucuns émettent une réserve assez forte sur l'intérêt de mêler dans des activités pédagogiques trois disciplines. Les activités bi-disciplinaires semblent parfois mieux adaptées à l'état actuel de la formation et des mœurs professionnelles.

La notion d'affinité entre enseignants appelés à collaborer est difficile à prendre en compte, mais devrait cependant être l'objet d'un soin particulier. Le chef d'établissement pourrait être sollicité pour proposer de tels binômes (éventuellement trinômes, sous réserve), sur la base de sa bonne connaissance des affinités professionnelles et personnelles de ses enseignants.

Les Rectorats chargés des défraiements des stagiaires semblent désormais préférer des formations d'initiative locale aux dispositifs traditionnels: on faisait presque toujours se déplacer les stagiaires vers l'animateur, ce pourrait être plutôt l'inverse désormais. Pourquoi ne pas associer le réseau des IREM à de telles formations locales ? Dans les villes moyennes et importantes, qui comptent plus de trois ou quatre lycées, il est envisageable de faire se déplacer des animateurs de stage IREM dans l'un des lycées de la ville pour le bénéfice d'un panel de professeurs des disciplines concernées, ou, lorsque le stage est conçu et animé par un enseignant local non collaborateur d'IREM, d'y dépêcher un observateur IREM.

Les contacts établis lors du stage gagneraient en effet à trouver prolongements. Les stagiaires en binômes ou trinômes transdisciplinaires vont prolonger le travail amorcé lors du stage par l'élaboration de nouveaux documents pour les élèves. Pourquoi ne pas en faire bénéficier l'ensemble de la communauté éducative ? Si ces enseignants motivés par l'interdisciplinarité étaient suffisamment fiers de leurs productions, ils pourraient les soumettre à la sagacité de l'observateur IREM avec qui contact aurait été noué lors du stage.

Il semble important que les enseignants se rencontrent physiquement, avant d'échanger à distance. Cette observation de bon sens peut être articulée avec un réel souci de modernisation. Autre chantier de modernisation dont les enjeux sont forts: les IREM pourraient s'intéresser aux cahiers des charges des ENT régionaux (pour les lycées) et départementaux (pour les collèges). Les IREM

DOCUMENT DE TRAVAIL

pourraient par exemple demander à modifier très légèrement ces cahiers des charges pour faciliter l'alimentation d'une base de données « profs partageurs[4] ».

Les groupes IREM idoines pourraient contribuer à l'expertise des documents transmis, et demanderaient éventuellement des corrections avant de les verser à cette base de données. Cette capitalisation avait été déjà amorcée : des documents élaborés par les enseignants associés au projet pilote « option science » ont été exhibés en exemple pour lancer la tentative de massification MPS. En lançant le débat autour d'une base de données « profs partageurs », l'ADIREM souhaite promouvoir une Education Nationale moderne, fière de ses productions et capable de les capitaliser de manière plus systématique. Il faut donc réfléchir aux outils d'extraction des pépites qui sommeillent dans les disques durs des enseignants.

DOCUMENT DE TRAVAIL

[4] Pour une description plus détaillée de cette proposition de constitution de base de données « profs partageurs », se reporter à l'annexe 1.

- 2– Stage **« Jeux mathématiques» IREM de Toulouse**

Préambule

Mettre en avant ce stage un peu singulier dans l'univers des IREM, mettre en avant ce pas de côté vis-à-vis des programmes des écoles primaires, collèges et lycées peut paraître une provocation un peu vaine en ces temps de restriction budgétaire. Nous affirmons avec force que ce n'est pas une provocation inutile. Nous détaillerons ce point de vue dans la partie 2D.

Outre les nombreux groupes IREM rallyes, il existe en France une riche tradition d'associations qui croisent ludique et sérieux (pour fixer les idées, on peut citer l'APMEP et ses fameuses fiches de jeux, les concours Kangourou, des publications des Editions POLE sous la houlette de Gilles Cohen, la Fédération Française des Jeux Mathématiques, le Comité International des Jeux Mathématiques qui organisent/participent à des rencontres nationales et internationales, et, désormais, de nombreux enseignants qui à titre personnel enrichissent le net de pages de mathématiques ludiques, énigmes et autres vulgarisations, et aussi des boutiques de jeux de stratégies très orientés logique et mathématique, comme http://www.variantes.com/). C'est d'ailleurs un clin d'œil de l'Histoire que ce stage IREM soit proposé au PAF de Toulouse, en terre natale de Pierre de Fermat, adepte des défis mathématiques ludiques.

Il ne s'agit pas seulement pour cette nébuleuse d'acteurs « enfants spirituels de Fermat » de redorer l'image des maths auprès du grand public dans une foule de salons, de festivals, d'universités d'été, d'ateliers et sur le web. Il s'agit tout autant de souligner qu'en cherchant on s'amuse, et qu'au sein même d'une pratique pédagogique sérieuse et ambitieuse, au sein même des classes, le ludique pourrait tenir un rôle discret mais important.
Les éthologues, qui tirent des comportements animaux quelques invariants du règne animal, attirent par exemple notre attention sur le fait que les chatons qui jouent avec une herbe folle apprennent à chasser en s'amusant : ils concilient l'utile et l'agréable. Réconcilier l'utile et l'agréable dans les apprentissages humains : tout un programme ! Des observations fines de chercheurs (Brougère, Charlot, …)[5] soulignent le rôle majeur du plaisir comme moteur des apprentissages, et, *a contrario*, de l'ennui comme facteur premier de gâchis de temps et d'énergie. Cela prolonge et complète le point de vue de la philosophe Hannah Arendt, condensé dans la formule « *on n'enseigne bien que ce à quoi l'on croit* ».
Une approche ludique bien dosée et bien pensée est de nature à amorcer des cercles vertueux entre enseignants et de les mettre hors de portée de cercles vicieux. (Re)créer l'envie chez l'enseignant, stimuler l'appétence chez l'élève, de sorte à éviter ou minimiser des gabegies de temps et d'énergie liées à des désamours et des lassitudes délétères : même les comptables pourraient admettre que c'est du « gagnant-gagnant », même les plus rétifs à l'école hésiteraient avant de décocher leur quolibet « enseignant-gnangnan ».

2A – Gestation du stage **« Jeux mathématiques » IREM de Toulouse**

Contact : njpabadie@orange.fr

Ce stage, inscrit au PAF de l'académie de Toulouse 2009-2010 est étroitement lié à l'existence d'un groupe « jeux mathématiques » dans l'IREM et d'un atelier idoine reconduit d'année en année par l'APMEP dans le cadre de ses journées nationales. Une Commission Inter IREM « Rallyes et jeux » a permis de bénéficier des expériences riches menées ailleurs (à l'IREM de Lille entre autres).

[5] La littérature anglo-saxonne est beaucoup plus abondante que la littérature française sur le sujet.

DOCUMENT DE TRAVAIL

L'atelier a été proposé pour la première fois en 2000 et s'est continuellement enrichi depuis. Les jeux de cet atelier offrent le plaisir de se confronter à des petits défis immédiatement compréhensibles par un enfant. Ils sont tous basés sur des manipulations. Ils font appel à l'observation, la logique, le raisonnement ou parfois même le simple bon sens et non à des résultats classiques de cours de mathématiques : le savant mathématique n'a pas toujours un avantage décisif sur l'ignorant motivé.
Outre une proposition régulière d'ateliers APMEP, ce matériel est fréquemment utilisé pour :

- Des animations pour les scolaires : fête de la science, semaines portes ouvertes à l'Université Paul Sabatier à Toulouse, musée de la maison natale de Pierre de Fermat à Beaumont de Lomagne…
- Des prêts aux établissements scolaires
- Des animations grand public : Salon des jeux et de la culture mathématique à Paris, festival des jeux de Cannes, et même fête de l'ail à Beaumont de Lomagne où l'atelier connut un grand succès, alors que le thème de la festivité était passablement éloigné des attentes des visiteurs…

2B – Documents ressources qui ont inspiré les concepteurs du stage :

- ACL - les Editions du Kangourou Les malices du Kangourou collèges
- APMEP Brochures *Jeux n* ($n \in \mathbb{N}$ et $1 \leq n \leq 8$)
- APMEP Lorraine *Objets mathématiques* (tome 1 et 2)
- APMEP *Maths en Scène*
- Gilles Brougère *Jeu et éducation* L'Hamattan
- Gilles Brougère *Jouer/apprendre* Economica Anthropos
- Roger Caillois *Les jeux et les hommes* Gallimard
- Michel Criton *Les jeux mathématiques* Que sais-je ?
- Jean-Paul Delahaye *Le rangement de la boîte de cubes* Pour la Science n° 252
- André Deledicq *Mathématiques buissonnières* Cédic
- André Deledicq, Francis Casiro *Pythagore et Thalès* ACL – les éditions du Kangourou
- J.-C. Deledicq *Jeux de bouchons* ACL – les éditions du Kangourou
- Emile Fourrey *Curiosités mathématiques* Vuibert
- Mathématice (dossier sur les jeux)
- B. Novelli M. Rivière *Dominos à placer* Editions POLE
- B. Novelli M. Rivière *Le jeu de gratte-ciel* Editions POLE
- Tangente *Jeux mathématiques* HS n° 20
- Eric Trouillot, Jocelyne Richard, Didier Faradji, Philippe Le Borgne *Mathématiques et jeux au collège* Hachette éducation

2C – Documents ressources et matériels réalisés :

- IREM Paris Nord (1980) *Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le théorème de Pythagore sans jamais oser le demander* http://publimath.irem.univ-mrs.fr/biblio/IPN01005.htm
- IREM Toulouse (2010) *Jeux mathématiques*

Les jeux sont classables en quatre catégories :

- jeux avec des nombres,
- pavage du plan (puzzles, grilles logiques …),
- remplissage de l'espace (reconstitution de cubes, de pyramides etc., objets confectionnés en bois par les soins de Jean-Pierre Abadie)
- casse-tête (pour les plus grands).

Les jeux avec les nombres sont présentés sous forme de fiches A4 regroupées dans un trieur, présentant suivant la même charte graphique un énoncé très court en en- tête et une figure associée au jeu.

DOCUMENT DE TRAVAIL

Il s'agit d'une compilation essentiellement assurée par Jean-Pierre Abadie (njpabadie@orange.fr), enseignant passionné désormais à la retraite. Il se fait un plaisir de communiquer par mél une version numérique de cette compilation de fiches à tout collègue enseignant qui lui en fait la demande. Certains matériels associés aux fiches restent néanmoins à fabriquer. Les autres jeux sont matériels ; étant peu volumineux, et ils peuvent donc être eux-aussi prêtés à des établissements scolaires.
Les quatre types de jeux sont physiquement regroupés en mallettes de « niveau », de l'école primaire jusqu'au delà du collège. La notion de niveau de jeu reste floue et ne se révèle toutefois pas toujours pertinente.

2D – Bilan et perspectives

La démarche a largement séduit la trentaine de stagiaires. Deux ou trois questions émergent.

- Se pose pour le réseau des IREM la question de l'apport des didacticiens. Le réseau soutient divers rallyes mais si l'on décidait d'introduire le jeu au sein même des classes, il faudrait en préciser les objectifs, les bons usages et les bons dosages. Les jeux proposés lors du stage de Toulouse ne visent pas *a priori* à introduire de nouvelles notions mathématiques et à les formaliser, mais cependant une analyse en termes de mathématiques discrètes, de logique, ou de géométrie dans l'espace est envisageable dans certains cas, et à des niveaux très divers. Les discussions des stagiaires, après s'être frottés aux différents jeux, ont pu révéler la pertinence d'une abstraction pour classer méthodiquement les types de jeux et progresser. Il existe au sein du réseau des IREM des compétences didactiques fortes, où l'alliance féconde du ludique et du sérieux a été très bien analysée, par exemple dans certaines situations précises, dites SiRC[6]. Le ludique y est moins central mais reste un ingrédient important pour générer de la joie et de l'appétence. Il est tout à fait souhaitable que ces didacticiens apportent des réponses pratiques (dispositifs, *scenarii* d'usage, etc.) à la bonne articulation entre apprentissage ludique et objectifs ambitieux dans une diversité élargie de situations.
- La question de la modernisation de cette approche. On assiste à une montée en puissance des jeux sérieux[7], version haute technologie de ce qu'en « basse technologie » on pratique déjà dans les IREM, et depuis longtemps, à l'instar du stage de Jean-Pierre Abadie. Ce serait une erreur grossière que de sacrifier, pour cause de restrictions budgétaires, une belle tradition française d'approches ludiques des mathématiques : elles ont fait leurs preuves en termes d'attractivité, de révélations de vocations, de décrispation d'élèves. Il serait plus que souhaitable que des groupes IREM qui ont labouré ce champ des jeux mathématiques « rêvent à voix haute » sur leur implémentation numérique[8]. On reviendra plus loin sur l'interaction entre l'IREM de Grenoble et le projet Maths à Modeler de l'université Joseph Fourier de Grenoble (http://mathsamodeler.ujf-grenoble.fr/)
- L'articulation école primaire/collège. Il est à remarquer que pendant les deux semaines d'animation à l'Université Paul Sabatier ont été reçues 82 classes d'écoliers, 33 classes de collégiens et 8 classes de lycée. Cette proportion est à peu près la même pour la fête de la science et pour le prêt du matériel dans les établissements scolaires. C'est donc les professeurs d'école qui sont les plus intéressés mais l'IREM de Toulouse n'intervient pas dans leur formation. D'autres IREM intervenant sur la formation des professeurs des

[6]Situation de Recherche pour la Classe, IREM de Grenoble, dont on parle à propos du sixième stage sélectionné dans ce catalogue commenté.

[7]*Cf* dossier du Café Pedagogique: http://www.cafepedagogique.net/lemensuel/laclasse/Pages/93_DossierEnseigneraveclejeu.aspx

[8] Pour mémoire, c'est parce qu'un groupe multidisciplinaire lié aux IREM, composé d'un psychologue, d'informaticiens, de mathématiciens, a rêvé à voix haute qu'est née en France la géométrie dynamique.

DOCUMENT DE TRAVAIL

écoles et donc la COPIRELEM pourraient y trouver un grand intérêt, qui prolongerait par exemple la participation de Jean-Pierre Abadie au colloque COPIRELEM qui s'est tenu à Auch en juin 2009.

DOCUMENT DE TRAVAIL

- 3 – Stages **« CaRMetal » à l'IREM de La Réunion.**

Préambule

L'ADIREM invite toute la communauté éducative à réfléchir sur les succès de la géométrie dynamique, tant au niveau de l'implication du corps enseignant qu'au niveau de la qualité des outils. De tels succès sont les fruits d'une politique pratiquée consensuellement dans le passé, mais qui est fragilisée par les restrictions budgétaires et la quasi-disparition des décharges d'enseignements. En clair, si les concepteurs et contributeurs phare de la géométrie dynamique de la première génération ont bénéficié de rétributions et soutiens institutionnels adéquats, les développeurs de CaRMetal sont de purs bénévoles. Il s'agit d'Eric Hakenholz en premier lieu[9], puis plus récemment d'Alain Busser et de Pierre-Marc Mazat, enseignants respectivement dans l'académie de Toulouse, de La Réunion et d'Orléans. L'ADIREM l'affirme haut et fort: pour que le réseau des IREM prolonge sa contribution substantielle dans l'écriture du cahier des charges des développements des TICE, en bonne intelligence avec le Ministère et les cellules TICE des Rectorats, il ne faut pas une vision à courte vue. Le Ministère de l'Education Nationale a longtemps cru qu'un modèle économique vertueux pourrait se greffer sur ce créneau, mais l'histoire semble lui donner tort à l'échelle européenne : les insuccès actuels de Cabri et de Cinderella ne sont pas dus au manque de qualités de ces logiciels, qui sont excellents, mais à la concurrence des logiciels distribués gratuitement, dont la qualité n'est pas moindre. L'enjeu d'une bonne compréhension de la situation actuelle est fort. Il s'agit malgré les turbulences d'installer durablement des usages raisonnés des technologies éducatives, de munir les enseignants de savoirs et de savoir-faire pour qu'ils soient en mesure d'adopter tout au long de leur carrière une tierce voie sereine face aux technologies, hors de la polarisation "être fanatique" ou "être effrayé".

L'épreuve pratique de mathématiques au baccalauréat de la série S fut pour la géométrie dynamique en général et pour cette équipe en particulier l'objet d'un investissement fort[10]. En dépit de l'abandon de cette épreuve avec la réforme des lycées, l'IREM de La Réunion continue à montrer le cap en accompagnant le développement du logiciel CaRMetal, prolongeant ainsi un compagnonnage qui a longtemps été fructueux avec l'équipe des développeurs du logiciel Cabri. Si le réseau des IREM n'amplifiait pas cette démarche de l'IREM de La Réunion, il se replierait vers une exploration des possibilités didactiques et pédagogiques en aval du développement des outils émergents. Pour le dire de manière un peu abrupte, le réseau des IREM se replierait en la matière vers un rôle mineur, très en deçà de celui qu'il a tenu.

DOCUMENT DE TRAVAIL

[9] Eric Hakenholz, avant d'entreprendre la mue du logiciel CaR en CaRMetal, avait déjà eu un rôle non négligeable dans Cabri, en s'occupant d'un traducteur de figures de Cabri en Cabri II, déjà bénévolement. Il avait exploré à cette même époque les usages en classe de la géométrie dynamique en étant le rédacteur en chef bénévole de feu la revue avant-gardiste *AbraCAdaBRI*.

[10] Contributions (vidéos), d'Eric Hakenholz : http://db-maths.nuxit.net/CaRMetal/films_TS/2008/Accueil.html
de Monique Gironce : http://db-maths.nuxit.net/CARzine/articles/art171/
et d'Alain Busser: http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?rubrique79
Rapport officiel d'Anne Burban, IGEN:
http://webpeda.ac-montpellier.fr/mathematiques/IMG/pdf/Experimentation-epreuve-maths-serie-S.pdf

Certes l'équipe CaRMetal a reçu une reconnaissance de l'inspection générale, essentiellement par la voie de son expert Robert Cabane, lorsque le logiciel a été intégré au programme officiel du concours de recrutement de l'agrégation interne, puis incorporé à la clef de l'AGREG externe[11]. L'ADIREM s'en réjouit, mais pense néanmoins que c'est insuffisant pour aller solidement de l'avant. Rappelons que le réseau des IREM a tenu un rôle historique primordial dans la conception des principes de la géométrie dynamique et, par la suite, dans l'émergence d'usages pédagogiques pertinents. Si la France a été en Europe un pays pionnier en la matière, depuis la fin des années 80-début des années 90, elle le doit à une étroite collaboration entre les IREM et les une équipe qui a imaginé les concepts de la géométrie dynamique (Nicolas Balacheff, Roger Cuppens, Jean-Marie Laborde,…) ce qui a débouché sur l'implémentation de Cabri, puis à une politique publique de soutien à d'autres équipes, comme celle de Geoplan-Geospace, dirigée par Serge Hocquenghem. Ce n'est pas une coïncidence fortuite si c'est Christian Mercat, présent directeur de l'IREM de Lyon, qui fut l'initiateur du projet européen *Intergeo* qui a bénéficié à nos partenaires européens.

Les TICE évoluent très rapidement et la géométrie dynamique avance dans des directions très prometteuses; les innovations de Geogebra, logiciel désormais phare de la géométrie dynamique, l'illustrent très bien. Le succès écrasant de cet excellent logiciel pourrait cependant durablement faire écran à des innovations très intéressantes explorées par d'autres équipes. En particulier il serait fâcheux que ne soit pas repéré et soutenu le développement d'outils susceptibles de stimuler plus avant les interactions des développeurs avec la communauté éducative (*cf*. 3C, où l'on parle un peu de l'avenir de bibliothèques de *plug in* de géométrie dynamique).

Par ailleurs, l'approfondissement de la place de l'algorithmique dans le programme des lycées, jusqu'ici restée marginale dans la formation initiale des enseignants, a bousculé les enseignants du secondaire. C'est une chance que CaRMetal ait implémenté un module « CaRScript », qui inclut et prolonge le java-script (*cf.* http://fr.wikipedia.org/wiki/CaRScript). Ce module permet aux élèves d'aborder l'algorithmique sous un angle géométrique très riche et très motivant.

Il serait fâcheux, et indice fort du manque de clairvoyance de l'Education Nationale en termes de gestion de ressources humaines, que soient durablement éclipsées de telles innovations. Pour un œil expert, et chaque collaborateur IREM compte dans ses rangs un ou plusieurs experts en géométrie dynamique, l'équipe de CaRMetal est très prometteuse. Le réseau des IREM a tout à gagner à élargir une telle communauté, en y impliquant son expertise didactique, informatique et ses collaborateurs enseignants du secondaire.

3A – Généalogie de l'expertise des animateurs des stages

« **Algorithmique et CaRScript** », « **Algorithmique en 1ère S** » et «**CaRMetal**» , **IREM de La Réunion**,

Contacts :
Y. Martin yves.martin45@orange.fr , A. Busser alain.busser@ool.fr , N. Carrié nathalie.carrie@gmail.com

[11] http://clefagreg.dnsalias.org/ClefAgreg.html

DOCUMENT DE TRAVAIL

Yves Martin anime chaque année plusieurs journées de stage CaRMetal au PAF de La Réunion, à divers niveaux, en s'appuyant sur son propre travail, très riche, et en bénéficiant des travaux de l'ensemble de l'équipe, avec laquelle il entretient des liens très étroits.

Yves Martin, à partir de travaux menés à l'IREM de la Réunion, a soutenu à l'université Joseph-Fourier de Grenoble une thèse portant entre autres choses sur le traitement de modèles de la géométrie non euclidienne par la géométrie dynamique (avec Cabri). Yves Martin a récemment réinvesti cette expertise dans le logiciel CaRMetal, ce qui s'est traduit par toute une nouvelle palette d'outils pour faire de la géométrie hyperbolique dans le modèle du disque de Poincaré. Passionné par la géométrie dynamique, il se pose des questions tant cognitives que didactiques avec un grand enthousiasme, et s'est penché sur la réception de l'outil par des élèves du primaire. Il est de plus un bêta-testeur du logiciel CaRMetal, ce qui le place d'emblée dans un savoir-faire pointu[12], et lui permet de faire remonter ses demandes propres ou celles de ses stagiaires lorsque l'outil lui paraît améliorable.

Son stage s'adressant à des enseignants de lycée, il s'est recentré sur des usages plus modestes que les thèmes ambitieux qu'il explore dans ses recherches. Il s'est également occupé de près d'enseignement dans le primaire, en jouant sur la réduction des menus que permet l'interface du logiciel.

Nathalie Carrié réfléchit depuis longtemps sur les outils TICE, sur leur distribution (*KnoMath* puis *RoxMath*), sur leurs usages. Elle maitrise une grande variété de logiciels, ce qui lui permet de proposer des solutions à ses TP (niveau seconde et première S) avec différents logiciels, dont CaRMetal.

Alain Busser lui, est au cœur de CaRMetal, en tant que co-développeur. Si Eric Hakenholz s'est chargé au départ de l'implémentation du java-script et de la création d'un éditeur en manipulation directe, Alain Busser a ensuite pris les rênes de cette partie de code et a énormément travaillé sur la création de nouvelles instructions CaRScript. Alain Busser restitue lors de son stage « algorithmique en 1ère S » proposé au PAF 2009-2010 conjointement à Yves Martin des Travaux Pratiques éprouvés par sa pratique en classe avec ses élèves (en particulier, ses élèves de seconde). Il aborde par ailleurs de manière très éclectique et très innovante toute sorte de champs mathématiques jusqu'ici pas ou peu labourés par les outils de la géométrie dynamique.

3B – Documents ressources réalisés

Toutes les activités des stages d'Alain Busser et Nathalie Carrié ont été testées en classe :

- De nombreux TP regroupés: http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?rubrique81

Par ailleurs, le travail mené à l'occasion de feu l'épreuve pratique du baccalauréat S mérite une petite liste : la rubrique http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?rubrique79 donne accès à des propositions de correction des sujets officiels dont on retient un petit échantillon:

Index SPIP de l'article	Numéro du sujet TP	Thème
240	139	Cryptage et décryptage d'un message
243	129	Recherche d'une stratégie de jeu (avec 3 urnes)

[12] Voir sa conférence en ligne : http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos

DOCUMENT DE TRAVAIL

248	122	Divisibilité par 2, 3, 7, 13
252	105	Une propriété des diviseurs de certains entiers (Spécialité)
254	89	Simulation d'un tirage de boules dans des urnes
257	77	Suites, approximation d'un réel
265	58	Suite définie par une sommation
267	11	Etude d'une suite définie par une relation de récurrence
273	118	Déplacement sur un damier (simulation en ligne)
274	112	Suite de complexes (*utilisation de macros dans un script*)
281	60	Deux suites adjacentes (utilisation de fonctions en JS)
283	37	Suites récurrentes croisées (et figure avec 4 curseurs)
286	9	Étude d'un phénomène biologique (avec des tableaux)

- Morphing et CaRMetal http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article374, qui peut déboucher sur des vidéos de travaux d'élèves http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article421 , ce qui créé une émulation très bénéfique à l'ambiance de travail dans la classe
- Autour de la valeur approchée de $\sqrt{3}$, inspiré par une activité de l'IREM de Strasbourg : http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article458
- Autour des 17 pavages du plan, inspiré par le livre magnifique de Jean-Marc Castera & Hélène Jolis : « *Géométrie Douce, Art géométrique arabo-andalou, Mode d'emploi* » http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article505
- distance et algorithmes, inspiré par le problème des autoroutes de Fermat repéré dans le manuel ISTRA de l'IREM de Strasbourg (1988) : http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article459

Les stages animés par Yves Martin ont été l'occasion d'explorer des problèmes inventifs et riches, dont on ne présente ici qu'un tout petit échantillon:

- Géométrie logique: Etant donné un triangle ABC, on cherche à construire le cercle d'aire minimale contenant les trois points A, B et C. Mathématiquement c'est un problème qui se résout en discutant sur les cas. Les stagiaires sont accompagnés pour construire *la* solution dynamique, c'est-à-dire *construire un unique cercle solution qui contient logiquement tous les cas*, via les fonctions booléennes du logiciel.
- Géométrie repérée et algorithmes
  http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article232
  http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article238
- Satistiques dynamiques : (Fluctuation d'échantillonnages et bien plus):
  http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article94
  http://www.reunion.iufm.fr/recherche/irem/spip.php?article326
- Dans le primaire: http://revue.sesamath.net/spip.php?article346

On laisse par ailleurs le lecteur intéressé explorer le site de l'IREM de La Réunion avec le mot clé CaRMetal, ce qui reflète bien une activité bouillonnante.

DOCUMENT DE TRAVAIL

Le site de CaRMetal, et la publication en ligne Mathematice reçoivent également de très belles contributions où reviennent fréquemment les noms d'Eric Hakenholz, d'Alain Busser, de Nathalie Carrié, de Pierre-Marc Mazat, d'Yves Martin, de Monique Gironce, de Jérôme Caré et d'autres encore qui donnent une idée du foisonnement d'idées et de la puissance de travail de cette communauté enthousiaste.
On note de plus que la partie « tutoriel vidéo » est l'objet d'une attention particulière dans cette équipe ; on aura l'occasion de reparler des usages pédagogiques de la vidéo en annexe 2.

3C – Bilan et perspectives

Ces stages et ateliers témoignent de la vitalité et de la qualité de la recherche développement dans le système éducatif français. Des usages très stimulants pour les enseignants et, en aval, pour les élèves de la géométrie dynamique y sont proposés. Au vu de la puissance des outils TICE désormais disponibles, les animateurs sont conduits au constat qu'il y a une sous-utilisation pédagogique des logiciels et environnements numériques. Cette sous-utilisation n'est pas une fatalité, pas plus qu'il n'était fatal il y a dix ans que la géométrie dynamique ne concerne que les enseignants les plus passionnés. En matière de prospective, il faut éviter deux écueils : l'optimisme pour le court terme, le pessimisme pour le long terme. Certes la nouvelle génération d'enseignants, née avec les technologies numériques, sera plus à son aise. Cependant, le malaise de la génération vieillissante des enseignants face aux TICE pourrait ne pas se dissoudre miraculeusement: le mouvement des technologies est…perpétuel. Si *La formation tout au long de la vie* se transforme *en auto-formation jusqu'au bout de la nuit*, vieux et jeunes s'y épuiseront. La denrée « temps » manque en effet également à tous les enseignants, sauf pour les passionnés qui prennent sur leur temps de sommeil...

Chapeautant une foule de développements bien engagés (CarScript, 3D, coniques, Latex dynamique, et quelques autres choses en stock….), une innovation potentielle devrait retenir l'attention de tous, car elle concerne la capitalisation des travaux des enseignants au bénéfice de l'ensemble de la communauté éducative: la notion de bibliothèques de *plug-in,* librement accessibles en ligne, prolongement modernisé de la bonne vieille notion de macro. Ces bibliothèques seraient le fruit du travail d'une communauté de contributeurs n'intervenant pas directement dans l'écriture du code du logiciel. Plutôt que d'intégrer dès le chargement du logiciel une palette d'outils pour tous les champs mathématiques (les coniques, l'arithmétique, l'analyse numérique, …), l'utilisateur qui le désire pourrait télécharger une de ces palettes spécialisées sur un serveur distant, qui centraliserait ces *plug-in* et y adjoindrait l'aide nécessaire (syntaxe, exemples d'utilisations,…). Par exemple ceux qui présentent le concours de l'agrégation interne pourraient peaufiner collégialement leur *package agrégation interne*, les profs de collège le leur, etc.

La centralisation des propositions des contributeurs devra cependant être suivie d'un travail minutieux de bonne organisation et formatage, pour une véritable capitalisation du travail de la communauté des utilisateurs. Il s'agit donc ici, de manière plus spécialisée et à une échelle plus modeste que ce que l'on propose plus loin en annexe 1, de rassembler intelligemment et rendre disponibles à tous des pépites qui sommeillent dans les disques durs des enseignants.

Disons le abruptement : le Ministère de l'Education Nationale n'a pas suffisamment outillé sa direction des Ressources Humaines pour soutenir toutes les compétences et enthousiasmes d'exception. Et lorsqu'un IPR ou même un IGEN repère une telle compétence et un tel enthousiasme, il semble ne disposer que de très peu de marge de manœuvre. L'ADIREM, tout en étant attachée à

DOCUMENT DE TRAVAIL

une politique transparente de gestion des carrières des enseignants, considère qu'il est tout à fait justifié que des moyens d'exception soient dégagés lorsque le gain pour la communauté éducative est très supérieur à l'investissement à réaliser. De quel investissement s'agirait-il en l'occurrence ? D'une ou deux décharges pour l'équipe des développeurs. L'ADIREM insiste sur le fait que des économies de bouts de chandelles font les plus grosses gabegies ; en ce sens, le réalisme économique n'est pas forcément du côté où on le croit spontanément, avant de se pencher sur le dossier. L'auteur de ces lignes s'est penché sur le dossier.

La denrée temps est cruellement rare pour les développeurs de CaRMetal. L'ADIREM souhaite qu'un projet de développement avec cahier des charges clair se fonde sur un partenariat tripartite (DGESCO-IREM -équipe de développement). L'ADIREM réclame à la DGESCO dans le cadre ce partenariat pas moins qu'une décharge, *a minima* pour le développeur principal du logiciel CaRMetal, Eric Hakenholz. En attendant la réponse des autorités de tutelle à cette demande, l'ADIREM appelle l'ensemble du réseau à suivre de manière attentive ce logiciel, en gardant modestie en tête : les innovations profondes ne viennent pas toujours des plus diplômés[13]…

L'équipe de CarMetal, avec son module CarScripts, explore des voies qui mènent à des *terra incognita* sur lesquelles il serait sain qu'une expédition d'informaticiens et de mathématiciens de tout niveau coopèrent. Une confiance et une reconnaissance réciproques entre universitaires de l'IREM et développeurs du logiciel doit être construite. Cela a été modestement amorcé par l'auteur de ces lignes. Si cela n'est pas prolongé, les demandes de peaufinage/de modifications seront légitimement vécues comme des critiques insupportables par les développeurs, étant données les centaines d'heures de travail bénévole déjà concédées.

Si la DGESCO n'accédait pas à notre demande de décharges, retenons de la présentation de ce cas d'espèce que le réseau des IREM doit s'efforcer de garder le cap d'une politique d'anticipation/prospective technologique, et de remontées de demandes. A défaut d'avoir partout les moyens propres de développer lui-même (à la manière d'une équipe telle celle de Jean-Baptiste Lagrange, qui développe Casyopee avec des moyens IREM+moyens projet européen ReMath + moyens INRP, voir http://www.casyopee.eu/), chaque IREM pourrait et devrait garder en ligne de mire l'objectif de soutenir et accompagner certaines innovations prometteuses et, *a minima*, participer aux débats sur l'évolution de leur cahier des charges. Outre la géométrie dynamique, le calcul formel, les tableurs, les GUI (Graphical User Interface) de divers langages de programmation, il y a depuis peu les interactions entre ces quatre champs par des outils de plus en plus hybrides (outre Geogebra et CaRMetal , *cf*. par exemple CmathOOoCAS http://cdeval.free.fr/spip.php?article132), sans oublier les jeux sérieux déjà évoqués, et les vidéos mathématiques et les Espaces Numériques de Travail dont on reparle en annexe...

[13] Thierry Gaudin, polytechnicien, spécialiste de prospective et fin observateur des politiques d'innovation, le montre clairement dans ses conférences et ses ouvrages qui ont fait référence dans le monde de l'entreprise, comme « L'écoute des silences ».

DOCUMENT DE TRAVAIL

- 4 – Stage **« Modéliser en mathématiques, sciences physiques et SVT »** à l'IREM de Paris 7

Préambule

Les *curricula* mettent l'accent sur la nécessité de connecter l'enseignement des mathématiques à celui des autres disciplines scientifiques et à des situations de la vie réelle, et par voie de conséquence sur la modélisation mathématique. L'Etude ICMI n°14[14] consacrée à la modélisation et aux applications des mathématiques dans l'enseignement le souligne amplement : les enseignants de mathématiques européens, de par leurs formations initiales, sont peu préparés à une telle évolution. Ils n'ont, sauf exceptions, aucune expérience d'un réel travail de modélisation et leurs interactions avec les enseignants des autres disciplines sont limitées. La France ne fait pas exception dans ce paysage éducatif européen, et ce même si l'agrégation de mathématiques a depuis plusieurs années intégré une épreuve orale de modélisation. On reviendra au paragraphe 4D sur le fait qu'est né un enseignement de modélisation pionnier, au sein du master professionnel Didactique de l'université Paris. Il s'agit d'un master de formation de formateurs qui s'adresse à des enseignants expérimentés.

L'enseignement optionnel MPS (Méthodes et Pratiques Scientifiques) s'est mis en place en seconde avec la réforme du lycée, à la rentrée 2010. C'est un des points les plus ambitieux de la réforme.

L'équipe qui a conduit ce stage est pilotée par une chercheuse en didactique de renom : Michèle Artigue. Elle invite les enseignants à s'aventurer sur le terrain escarpé de l'interdisciplinarité comme suit : « *La pression institutionnelle pour qu'une transposition de ces pratiques* [de modélisation] *vive dans l'enseignement est de plus en plus forte, en France comme à l'étranger. Pour nous, enseignants de mathématiques, c'est un réel défi car notre formation nous y a très rarement préparés, que les manuels ne nous en donnent à voir que de pâles ersatz , et aussi car il s'agit de pratiques dans lesquelles nous nous trouvons très vite confrontés aux limites de nos connaissances et à la difficulté d'exploiter celles que nous croyons pourtant bien maîtriser hors des contextes qui nous sont familiers. Ces difficultés, nous les vivons régulièrement au sein du groupe modélisation, mais nous les trouvons salutaires. Elles nous aident à percevoir autrement celles de nos élèves. Elles nous aident aussi à mesurer le chemin à parcourir pour que les mathématiques ne soient pas pour eux simplement une discipline scolaire mais un moyen d'intelligibilité du monde.* »

4A – Gestation du stage et stage

Contact : Michèle Artigue : michele.artigue@univ-paris-diderot.fr

Ce stage est un des fruits auquel a abouti le travail d'un groupe de l'IREM Paris 7 qui avait été initialement fondé à l'occasion de la mise en place des TPE en 1999. Les activités de ce groupe se sont progressivement centrées sur les questions de modélisation. Le stage est l'aboutissement d'une série de stages, dont les propositions ont évolué progressivement au fil des PAF, du fait de l'évolution des dispositifs, de l'évaluation des besoins, et, on y reviendra au paragraphe 4D, en

[14] Il s'agit de *Study 14* Applications and modelling in mathematics education par l'International Commission on Mathematical Instruction.

DOCUMENT DE TRAVAIL

s'accommodant tant bien que mal de la décroissance des moyens. Le groupe IREM qui assume ce stage regroupe mathématiciens, physiciens et biologistes (dont Michèle Artigue, Dominique Raymond-Baroux, Fabien Brugier, Cécile de Hosson, Guy Rumelhard). On trouve sur le site de l'IREM des captures vidéos de certaines conférences organisées par ce groupe[15]. Le groupe a par ailleurs animé un atelier APMEP pour susciter réflexions sur les questions de modélisation et sur la façon dont on peut les faire vivre dans l'enseignement des mathématiques aujourd'hui.

Le groupe a articulé compétences théoriques (didactiques, épistémologiques) et questions pratiques. Bien poser le problème de la modélisation mérite en soi que l'on s'y attarde, avant même de commencer à faire des choix de thèmes et de *scenarii* d'utilisation. Ce souci de clarification théorique permet d'éviter maintes erreurs conceptuelles, par exemple la confusion entre modélisation et mathématisation.

Le stage s'est déroulé en trois journées. Les deux premiers jours, les animateurs du stage se sont attachés à montrer l'importance des démarches de modélisation dans les pratiques mathématiques et le potentiel de ces démarches pour l'apprentissage, puis des exemples de modélisations de phénomènes divers, d'origine physique, biologique ou sociale ont été proposés. Les thèmes ont été calibrés en vue d'une exploitation pour la conception d'activités à mener au collège comme au lycée. La troisième journée a eu lieu deux mois plus tard pour permettre entretemps aux stagiaires de réaliser une expérimentation dans leur classe. Des comptes rendus d'expérimentations et analyse de travaux d'élèves ont été menés durant cette troisième et dernière journée de stage.

Les modélisations présentées lors de ce stage:

- le travail de Daniel Bernoulli sur l'inoculation de la variole
- évolution de populations : du modèle exponentiel à partir de l'étude d'un texte de Malthus au modèle logistique développé par Pierre Henri Verhulst ; exploitation de ces deux familles de modèles pour étudier l'évolution de la population mondiale et celle de la population française
- au service de questions environnementales : le cas des éoliennes
- Présentation et analyse de situations exploitant les notions de facteurs d'échelle et l'analyse dimensionnelle en sciences physiques, biologie et mathématiques

4B – Travaux qui ont inspiré (ou qu'ont menés) les concepteurs du stage :

- Blum W., Galbraith P.L., Henn H-W, Niss M. (2007). *Modelling and Applications in Mathematics Education: The 14th ICMI Study*. Springer.
- Artigue M., Dartois Y., Pouyanne N., Rumelhard G. (2009). *Modélisation et interactions entre mathématiques et biologie : l'expérience du Master professionnel « Didactique » à l'université Paris-Diderot –Paris 7*. In, Ouvrier-Buffet C. & Perrin-Glorian M.J. (éd.)
- *Approches plurielles en didactique des mathématiques.* Laboratoire de didactique André Revuz, Université Paris Diderot. pp. 277-293.

[15] A chercher à la page http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos : « Mathématiques et épidémies », «Interdisciplinarité et modélisation, un atout et un défi pour l'enseignement des mathématiques ».

DOCUMENT DE TRAVAIL

- ressources produites dans le cadre du projet européen LEMA (*Learning and Education in and through Modelling and Applications*) : http://lema-project.hu/
- *La Mathématisation du réel : Essai sur la modélisation mathématique*, Giorgio Israel, Paris, Ed. du Seuil, 1996
- *Philosophies des mathématiques et de la modélisation. Du chercheur à l'ingénieur*, Nicolas Bouleau, Paris, Ed. du Seuil, 1996
- les numéros spéciaux du bulletin vert de l'APMEP consacrés à la modélisation
- des articles parus dans le bulletin de l'APBG (Association des Professeurs de Biologie et Géologie : http://www.apbg.org/
- des mémoires réalisés par les étudiants-enseignants du master depuis 2004 dont une partie est en ligne sur le site web de l'IREM de Paris 7.

4C – Documents ressources réalisés par le groupe

Une partie des travaux de ce groupe sont consultables en ligne le site de l'IREM de Paris 7

http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/sections/groupe_modelisation/

Ce sont des ressources progressivement accumulées au fil des années du fait du travail du groupe et, conjointement, du fait de mémoires de master réalisés en parallèle.

Par ailleurs, parmi de nombreuses autres contributions, on retient la contribution du groupe au colloque DIDIREM 2008 : *Approches plurielles en didactique des mathématiques. Modélisation et interactions entre mathématiques et biologie : l'expérience du master professionnel didactique de l'université Paris Diderot*. pp. 277-293.

4D – Bilan et perspectives

La formation continue et la fourniture d'idées et de matériau aux enseignants est plus que nécessaire, étant données les difficultés constatées sur le terrain de l'enseignement secondaire, et les turbulences dans lesquelles se trouve plongée la formation initiale. Ce stage montre le cap. Malheureusement, l'historique de ce stage donne un aperçu de la baisse des moyens consacrés à la formation continue : doté initialement de cinq journées, il a été réduit au dispositif de deux journées groupées plus une journée distante. Cette baisse des moyens est en dépit du bon sens. Les dispositifs actuels de formation initiale ne permettent de dégager que très peu de temps, et seule une initiation modeste à la modélisation y est pour l'instant envisageable. Dans le contexte budgétaire actuel, privilégier la formation continue plutôt que la formation initiale pour la ventilation des moyens dévolus à la modélisation relève du pragmatisme.

Pour des raisons historiques et sociologiques profondes, que l'on n'inversera pas aisément, les enseignants demeurent impréparés à l'interdisciplinarité. Les IUFM ont bon dos ; ils sont au moins implicitement incriminés par la réforme de la formation initiale et du recrutement des enseignants. Pour les amateurs d'explicitations, on renvoie à l'étonnante question du Premier Ministre sous la tutelle duquel les IUFM ont été fondés demandant en personne « *comment en sortir ?* », lors de sa participation à la commission Pochard, chargée de préparer la réforme des lycées, dans la salle des

DOCUMENT DE TRAVAIL

Actes du Rectorat de Paris[16]. Un tel consensus chez nos élites n'est pas rassurant, car il donne une idée de la sous-estimation généralisée des efforts à produire pour parvenir à ce qu'un enseignement massif ne se sclérose pas dans un monde qui évolue très vite. On renvoie au paragraphe « Bilan et perspective » 1D, et donc à l'annexe 1 sur la « base de données profs partageurs » pour une proposition de rassemblement, dans ce contexte difficile, des forces éparpillées de la communauté éducative.

Il est permis de douter que des définitions hâtives de maquettes de Masters universitaires d'enseignement permettront à l'échelle nationale, moyennant quelques années de réglages, de faire beaucoup mieux que l'ancien système de formation initiale IUFM. Le groupe IREM qui a élaboré ce stage est certes aussi impliqué dans l'enseignement optionnel de modélisation qui est proposé aux enseignants engagés dans le master professionnel de formation de formateurs ouvert à l'université Paris Diderot – Paris 7. Ceci s'adresse d'abord aux enseignants chevronnés, désireux de formation continue. Le dispositif vient de s'ouvrir aux étudiants du master enseignement de l'université, dans l'espoir de faire travailler ensemble de futurs enseignants et de futurs formateurs : à suivre.

Mais pour une telle équipe qui peut avec une grande légitimité se prévaloir d'une réelle expertise en formation continue - remodelable pour une part en formation initiale -, combien d'universitaires sont sommés de se rendre compétents en un temps record et, finalement, sommés de jouer une triste comédie de simulacre de formation initiale ? On renvoie pour un point de vue très peu polémique et très informé sur cela à l'article parue récemment dans la revue ***petit x*** « *La réforme de la formation des enseignants en France en 2010* **»** de Sylvie Coppé, Présidente de la CORFEM (Commission Inter IREM de Recherche sur la Formation des Enseignants de Mathématiques).

L'ADIREM pense qu'il faudrait profiler des postes PRAG plus systématiquement à l'attention de jeunes agrégés qui ont passé brillamment l'épreuve orale de modélisation.

L'ADIREM souhaite qu'un enseignant chercheur devrait être plus systématiquement récompensé en terme de progression de carrière pour avoir mené des travaux de vulgarisations, pour s'être impliqué énergiquement à des groupes IREM, ou pour des contributions majeures (sinon exemplaires) à ces nouveaux masters. L'ADIREM souhaite que le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et le Ministère de l'Education Nationale élaborent et proposent conjointement des dispositifs de promotion en ce sens. Les retombées tant sur la formation continue que sur la formation initiale peuvent être d'excellente qualité, en particulier lorsqu'elle fait suite à une collaboration étroite entre enseignants du secondaire et enseignants-chercheurs universitaires motivés. Le réseau des IREM pratiquent depuis longtemps un partenariat de fait entre Ministère de l'Education Nationale et Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Ceci mériterait une assise plus solide.

Le milieu universitaire, hormis les didacticiens, n'est pas toujours prompt à « s'abaisser » au niveau du secondaire. De jeunes Maîtres de Conférences se voient déconseiller par maints collègues de s'investir de trop pour la « bonne cause perdue », et ne pas compromettre leur chance d'être promus Professeur d'Université. La plupart des formations IREM retenues dans le document que vous avez sous les yeux sont de beaux contre-exemples d'universitaires qui s'engagent. On aurait de

[16] http://www.education.gouv.fr/cid5811/les-videos-des-auditions.html , lors de l'audition de l'ancien Ministre de l'Education Nationale Jean-Pierre Chevènement, à partir de la quarante-cinquième minute.

DOCUMENT DE TRAVAIL

plus pu y mettre en avant les stages hippocampe, conçus initialement au sein de l'IREM de Marseille, dont Dominique Barbolosi est une figure de proue. Ces stages soulèvent l'enthousiasme et commencent à essaimer dans le réseau: ils montrent eux aussi qu'il n'y a pas de fatalité et que le pari peut être relevé. Mais tant que la carrière universitaire peut pâtir de ce temps « donné pour la bonne cause », il est à craindre que l'engagement de nombre d'universitaires ne soit pas plein.

Enfin, comme on l'a noté en préambule, la pression institutionnelle pour inclure la modélisation dans l'enseignement des mathématiques provient pour une part de directives européennes. Or l'Union Européenne enjoint les chercheurs en didactique à travailler sur projets. Il serait bon que les projets européens qui concernent l'enseignement secondaire aient une ligne budgétaire officielle de rémunération des enseignants du secondaire qu'ils entendent recruter: on a connu plusieurs cas de blocages administratifs fâcheux, causes de démobilisations. Il suffirait que le Ministère de l'Education Nationale aménage juridiquement quelque dérogation à des règlements rigides.

DOCUMENT DE TRAVAIL

5 – Les stages **Résolutions (collaboratives) de Problèmes**, IREM de Montpellier

Comment faire entrer les élèves dans une démarche d'investigation ?

Préambule

La démarche d'investigation est préconisée dans les programmes depuis le B.O. hors série n°5 du 25 août 2005, pour s'en tenir à l'histoire récente. Depuis lors, cette recommandation est reconduite et déclinée dans les nouveaux textes officiels du primaire, du collège et des lycées.

L'impact sur les pratiques des enseignants reste cependant assez faible, et ce pour diverses raisons. Tout d'abord pour des questions de temps: il n'est pas toujours facile pour les professeurs d'accepter de passer du temps sur des activités qui ne sont pas directement liées aux notions du programme. Par ailleurs, l'enseignant a du mal à mettre en place avec les élèves un contrat didactique différent du contrat traditionnel, héritage historique qui pèse lourdement sur la définition d'un bon enseignement. L'investigation nécessite en effet une réelle prise d'autonomie des élèves et une forme de créativité qui génèrent de l'incertitude dans la classe. Cela peut se révéler source d'inquiétudes pour l'enseignant, mais aussi pour les parents. Le problème pourrait d'ailleurs devenir plus aigu avec le développement des ENT et le droit de regard « en temps réel » sur le cahier de texte. Autrement dit, pour atteindre ces objectifs programmatiques, il faut que se produisent de manière cadrée des changements de postures chez les enseignants et les élèves pour éviter de déstabiliser tout le monde.

5A – Gestation du stage et stage

Contacts : Ray Benoit benoitray@yahoo.fr, Durand-Guerrier Viviane vdurand@math.univ-montp2.fr

Le groupe ResCo de Montpellier allie recherche en didactique et innovations pédagogiques. Chaque année depuis 2001, le groupe ResCo de l'IREM de Montpellier propose au PAF de son académie des formations à des outils conçus pour faciliter l'entrée des élèves dans une démarche d'investigation. Différents dispositifs sont présentés au cours de la formation, et parmi eux, la résolution collaborative de problèmes joue un rôle central.

Le principe de l'ingénierie de formation développée est d'organiser, *via* une plateforme sur internet, des échanges entre des classes pour résoudre un problème commun. Il s'agit d'un problème ancré dans une situation concrète et qui requiert un travail de mathématisation non trivial, et suffisamment original pour qu'on n'en trouve pas une solution en quelques clics sur le net. Une communauté d'élèves (de la 6ème à la terminale, en groupes de trois classes de niveaux voisins) est placée dans une situation analogue dans une certaine mesure à celles d'un groupe de chercheurs tant pendant la première phase de mathématisation que dans la phase de résolution du problème mathématique. Il est rare que des solutions complètement abouties soient fournies, car les problèmes proposés sont souvent très denses : ils doivent en effet pouvoir être proposés comme problèmes de recherche de la Sixième à la Terminale, ce qui nécessite que des sous problèmes suffisamment riches puissent être identifiés par les élèves, et que des prolongements soient envisageables aux niveaux avancés. Pendant quatre à cinq semaines, les professeurs relaient les échanges entre élèves : questions et réponses sur le problème initial, communication de procédures et de conjectures sur le problème issu du travail de mathématisation. Depuis deux ans, une cinquantaine de classes sont concernées, de la Sixième à la Terminale, dont une trentaine sur l'Académie de Montpellier, une dizaine sur l'Académie de Rouen, le reste étant éparpillé en France et au Canada. L'augmentation du nombre de classes concernées et leur dispersion géographique rendent nécessaire une évolution de la technologie d'échanges. On y reviendra au paragraphe 5D. Avec ce dispositif, les animateurs du stage visent à accompagner les stagiaires dans la mise en œuvre en classe de situations favorisant la prise d'initiative et l'autonomie des élèves, la découverte de

DOCUMENT DE TRAVAIL

l'aspect expérimental des mathématiques et la modification de perception de cette discipline. Ce dispositif permet en outre de mettre en valeur les notions du programme abordées.

Les premières formations sur la résolution collaborative de problèmes s'articulaient sur trois journées, à des dates choisies par les formateurs. La première journée permettait de présenter le dispositif (par une mise en situation), les aspects techniques des échanges, les travaux des années précédentes, les liens avec les programmes et de lancer une première session de résolution collaborative. La deuxième journée permettait un partage des expériences vécues dans les classes et c'était l'occasion de trouver des solutions aux difficultés éventuellement rencontrées par les collègues en classe. Une seconde session de résolution collaborative était alors lancée. La dernière journée en présentiel était réservée à un retour sur la nature du travail des élèves en classe, une évaluation qualitative sur les changements de postures des différents acteurs. On en profitait également pour que les stagiaires se racontent mutuellement leurs expériences. Cette organisation a favorisé l'émergence d'une communauté de pratiques (au sens de Wenger, 1998) au début des années 2000 dans l'Académie de Montpellier.

Depuis 2008, les formations proposées au PAF sont limitées à deux journées. Les animateurs du stage ont dû renoncer à traiter en présentiel l'analyse commune des effets sur les élèves et le bilan des mathématiques travaillées, ce qu'ils déplorent, tout comme de nombreux stagiaires. Le premier présentiel permet de présenter plusieurs ingénieries didactiques de résolution de problèmes : les problèmes ouverts (Arsac et Mante, 2007), les narrations de recherche (Bonafé *& al*., 2002) et la résolution collaborative de problèmes développée par le groupe ResCo de l'IREM de Montpellier (Sauter, 2008). Les enseignants sont incités à organiser des travaux de groupes dans leurs classes avant la seconde journée de formation en leur fournissant des propositions d'énoncés. Le deuxième présentiel permet le partage d'expériences en échangeant sur les problèmes proposés en classe (changement perçus chez les élèves relativement aux pratiques habituelles, difficultés rencontrées dans la gestion de la classe, apports potentiels de ce type de pratique) ; c'est également l'occasion de lancer une session de résolution collaborative. Celle-ci s'achèvera dans les classes mais sans mise en commun des enseignants en présentiel.

Exemple de problème posé : « l'artiste » (objet d'investigation dans 35 classes):

Un artiste contemporain veut réaliser une œuvre sur un support rond, en plantant des clous sur le pourtour et en tendant des fils entre les clous. Il se propose de peindre chaque zone d'une couleur différente. De combien de couleurs aura-t-il besoin ?

5B – Documents ressources qui ont inspiré les concepteurs du stage :

- Arsac G. et Mante M., *Les pratiques du problème ouvert*, Scéren CRDP de Lyon, Lyon, 2007
- Brousseau G., *La théorie des situations didactiques*, La Pensée Sauvage, Grenoble, 1998
- Douady R. *Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir*, Repères IREM, n° 15, 1994, pp. 37-61
- Komis V., Avouris N., Dimitracopoulou A., Margaritis M., *Aspects de la conception d'un environnement collaboratif de modélisation à distance, Environnements Informatiques pour l'apprentissage humain*, Strasbourg, 2003
- Kuntz G., (coord.) *Démarche expérimentale et apprentissages mathématique, dossier de la Veille Scientifique et Technologique de l'INRP,* 2007 http://educmath.inrp.fr/Educmath/ressources/etudes/experimentation-math
- Kuntz G., *Résolution collaborative de problèmes ouverts : un problème babylonien,* Bulletin de l'APMEP, 2005,. Num. 456. p. 123-131

DOCUMENT DE TRAVAIL

- Wenger E., *Communities of Practice: Leaning, Meaning and Identity*, Cambridge University Press, 1998
- À un niveau moins académique : feuille à problème http://irem-fpb.univ-lyon1.fr/feuillesprobleme/

5C – Documents ressources réalisés par le groupe et par les IREM

- CD-Rom "Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM"

http://eductice.inrp.fr/EducTice/all-parutions/conception-collaborative-de-ressources-pour-lenseignement-des-mathematiques-lexperience-du-sfodem

- Bonafé F., Chevalier A., Combes MC., Deville A., Dray L., Robert JP., Sauter M., (2002) *Les Narrations de Recherche de l'école primaire au lycée*, coéditions IREM de Montpellier APMEP
- Sauter M., *Une communauté d'enseignants pour une recherche collaborative de problèmes*, Repères IREM, n° 72, 2008, pp. 25-45
- Benoît Ray et Groupe ResCo, IREM de Montpellier: *La résolution collaborative de problèmes au collège et au lycée, Une initiation à la recherche dynamique, collective et originale : un objectif du groupe ResCo*, in MathémaTICE n°14, 2009, revue en ligne http://revue.sesamath.net/spip.php?article206
- Sauter M., Combes M.-C., De Crozals, A., Droniou J., Lacage M., Saumade H., Théret D., *Une communauté d'enseignants pour une recherche collaborative de problèmes*, Repères IREM, n°72, 2008, pp. 25-45
- Dias Thierry & Durand-Guerrier Viviane. « Expérimenter pour apprendre en mathématiques ». *Repères*, n° 60, 2005, pp. 61–78.
- sur le site de l'IREM (http://www.irem.univ-montp2.fr/SPIP/Resolution-collaborative-de,96) sont à disposition des éléments théoriques et organisationnels concernant la résolution collaborative de problèmes.

5D – Bilan et perspectives

Le succès massif (50 classes impliquées !) et la reconduction depuis dix ans de ce thème au PAF témoignent de la pertinence de cette approche didactique de la démarche d'investigation. Des questions didactiques nouvelles émergent au fil des années, par exemple l'étude fine des processus de « contextualisation-décontextualisation-mathématisation».[17]

Le contenu et l'organisation de la formation s'enrichissent également par des rencontres avec d'autres groupes de travail : les journées mathématiques de l'IFÉ (ex INRP) donnent chaque année l'occasion d'échanger avec des groupes dont les préoccupations sont proches (on peut citer par exemple les groupes EXPRIME (devenu DREAM en 2010) et DEMOZ de l'IREM de Lyon ou ECCE-maths de l'IREM de Nantes). Ces séminaires permettent des regards croisés sur les démarches. Les membres du groupe ResCo de l'IREM de Montpellier ont participé aussi à de nombreuses rencontres nationales ou internationales où ils ont présenté leurs travaux de recherche sous forme de conférences ou ateliers (APMEP, EMF 2006, colloques interIREM, université d'été des mathématiques). On a pu noter

[17] Le problème de l'artiste donné en fin de paragraphe 5A est une **contextualisation** de l'énoncé plus classique: *On place n points sur un cercle. Combien de régions détermine-t-on à l'intérieur de ce cercle en joignant les points deux à deux ?* Les élèves le **décontextualisent** par des questions du type *Est ce que les fils sont tendus ? Est-ce que la surface ronde est grande ?* Vient ensuite la phase de **mathématisation** et l'émergence des concepts adéquats, par exemple les variables et les invariants : *En augmentant la superficie du support, on augmente la superficie des zones mais le nombre de zones reste inchangé, pourvu que les fils restent toujours tendus.*

DOCUMENT DE TRAVAIL

dans ce qui précède que le groupe rayonne jusqu'au Canada. Il rayonnera l'année prochaine jusqu'au Liban, et d'autres collaborations seront peut être amorcés, suite à sa participation au colloque EMF (*Espace Mathématique Francophone*) qui se tiendra à Genève en février 2012[18].

La question des outils d'analyse pour mesurer l'impact sur les élèves du travail collaboratif en liaison avec le socle commun (compétence 7) et l'évaluation par compétences reste ouverte.

Même si l'aspect technologique n'est pas le véritable centre d'intérêt, puisque l'objectif central reste la mise en évidence de potentialités pédagogiques fortes, il est souhaitable d'améliorer la technologie actuellement utilisée. Le groupe collabore avec la cellule technique de l'Université de Montpellier 2 pour permettre une utilisation adéquate de l'outil surpuissant Moodle 2, dont on ne retiendrait que quelques fonctionnalités. Il s'agit de bénéficier d'une meilleure ergonomie pour gérer des forums et des espaces de stockage/échange de documents. Les tests seront menés l'année prochaine. Le volet pédagogique de l'ENT mis en place sur l'académie de Montpellier s'appuie également sur Moodle. L'ADIREM encourage dès lors le groupe à échanger avec la cellule TICE qui s'en occupe au Rectorat.

Par ailleurs, le groupe maths-philo de l'IREM de Montpellier avait testé l'outil logiciel de débat *talkmap* testé en classe de philosophie pour animer divers débats[19]. L'ADIREM souhaite que la complémentarité et l'articulation de ces différents outils soient testées d'un point de vue informatique ET d'un point de vue didactique, en gardant présent à l'esprit les travaux conduits par Komis, Avouris, Dimitracopoulou et Margaritis (2003).

Jusqu'en 2009, l'engagement des enseignants dans une phase de résolution collaborative n'était possible que dans le cadre du stage proposé au PAF de l'académie de Montpellier. Il est envisagé qu'une plateforme Internet permette à un groupe de professeurs déjà formés et qui ont eu l'occasion de se rencontrer d'organiser une résolution collaborative sans l'encadrement des animateurs du stage. Cette plateforme doit viser à terme à amener un plus grand nombre d'enseignants à développer, diversifier et mutualiser les pratiques d'enseignement rendant l'élève plus actif. Il est souhaitable que cette mutualisation se greffe à la proposition de projet de « base de données profs partageurs » que l'on détaille en annexe 1.

L'ADIREM souhaite éviter que les outils technologiques prennent un rôle envahissant. Dans le contexte actuel de coupes budgétaires, les pouvoirs publics semblent rêver que tout puisse se faire en télétravail. De ce point de vue, le développement de la plateforme Internet pour un usage en dehors du stage du PAF ne doit pas s'entendre comme visant à faire une téléformation. En effet, pour amorcer ce type de collaboration, la faire vivre et lui donner toutes les chances de se déployer, il est indispensable que les collaborateurs se rencontrent vraiment. La technologie sera probablement utile à des enseignants déjà formés et expérimentés, mais sera contre-productive pour les non initiés.

On peut envisager le développement sur un bassin de sessions de résolution collaborative de problèmes entre classes du primaire et classes de collèges. Cette proposition a rencontré un écho favorable auprès des participants à l'atelier que le groupe a animé lors du colloque de la Copirelem qui s'est tenu à La Grand Motte en juin 2011[20].

Le groupe a par ailleurs filmé l'intégralité d'une session de résolution menée par des groupes

[18] http://www.emf2012.unige.ch/

[19] Pour l'outil *talkmap* : http://wordpress.talk-map.com/2010/09/presentation-du-projet-talkmap/
Pour son utilisation en classe : http://www.jeux2debat.net/debat_sete.html

[20] Couderc, G ; Durand-Guerrier, V., Sauter, M. *Comment évaluer des compétences complexes à travers un dispositif non traditionnel : la résolution collaborative de problèmes de recherche* , à paraître en 2011 dans les actes du colloque de la Grande-Motte.

DOCUMENT DE TRAVAIL

d'élèves, et il envisage d'en restituer un montage vidéo présentable à des enseignants qui se déclareraient tentés par ce type de démarche. Par ailleurs, le groupe a commencé à éditer des tutoriels classiques de prise en main des outils, et envisage de se mettre à l'édition de tutoriels vidéo.

Cette formation a été proposée à l'extérieur de l'Académie de Montpellier en 2009, dans l'Académie de Rouen. Les conditions de ce transfert ont été largement favorisées par plusieurs rencontres entre une formatrice de Montpellier et une formatrice de Rouen, par l'intermédiaire de la CII Collège. Le dispositif de formation à la résolution collaborative de problèmes semble difficilement transférable sans des rencontres multiples et des expériences par le formateur de sessions de résolution collaborative.

DOCUMENT DE TRAVAIL

- 6 Les stages de **Situations de Recherche pour la Classe** (SiRC) IREM de Grenoble contact : Denise Grenier dgrenier@ujf-grenoble.fr

Préambule

L'importance de l'expérimentation, de la recherche de conjectures étant soulignée de façon forte dans les nouveaux programmes (particulièrement pour le collège, mais aussi jusqu'en terminale), il nous semble important d'attirer l'attention de toute la communauté éducative sur le travail du groupe *Raisonnement, logique et preuve* de l'IREM de Grenoble, et singulièrement sur les Situations de Recherche pour la Classe (SirRC) qui y sont conçues en interaction forte avec l'équipe *Maths à Modeler*[21] du département de mathématiques de l'Université Joseph Fourier. On sait parfaitement dans le réseau des IREM que l'on peut faire des mathématiques expérimentales avec TICE. Découvrir les SiRC, c'est redécouvrir qu'à l'aide d'un matériel adéquat (objets en bois, en plastique, …) et le traditionnel papier-crayon-gomme, on peut de manière très complémentaire aux approches technologiques mener de riches expérimentations pour stimuler la découverte de diverses notions mathématiques.

Par ailleurs, à l'exception notable de l'épisode houleux des maths modernes, les cursus scolaires et universitaires scientifiques ont longtemps maintenu la logique dans le registre de l'implicite. La formation initiale des enseignants en mathématiques l'aborde généralement sous l'angle de quelques tableaux booléens de vérité. Mais on ne va guère plus loin, et les enseignants du secondaire, et, dans une moindre mesure, les enseignants-chercheurs du supérieur, n'ont que rarement l'occasion d'en saisir la portée et les limites. Par exemple, implication et causalité sont généralement confondues[22]. Beaucoup de mathématiciens professionnels ne s'intéressent que tardivement à ce champ de la logique à laquelle leurs recherches est pourtant adossée. Rares sont les chercheurs tels Jean Petitot, longtemps directeur du Centre de Recherche en Épistémologie Appliquée de l'École Polytechnique, qui prennent le temps de pousser loin la réflexion à la fois mathématique, épistémologique et philosophique. Une synthèse des recherches historiques et épistémologiques serait nécessaire pour discerner les raisons de la difficulté chronique de l'Education Nationale à articuler apprentissages mathématiques et logiques, peut-être en comparant avec l'histoire des autres systèmes éducatifs européens. Cette souhaitable synthèse permettrait peut-être de relire les batailles entre constructivistes et intuitionnistes, l'émergence de Bourbaki et l'épisode des maths modernes, dans les années 70, de manière moins polémique et plus féconde qu'on ne le fait habituellement[23]. On y redécouvrait au passage qu'il n'est pas fortuit que dans ces mêmes années 70, l'Etat français put décider d'investir massivement dans la formation continue des enseignants en mathématique, en fondant les premiers IREM… Autres temps…

DOCUMENT DE TRAVAIL

[21] http://mathsamodeler.ujf-grenoble.fr/ Les matheux jalousaient leurs collègues physiciens pour le succès de « La main à la pâte ». En joignant leurs efforts à cette équipe, ils pourraient rapidement ne plus être jaloux !

[22] Blague se basant sur cette confusion : *Comme le théorème de Pythagore est vrai, comme le grand théorème de Fermat-Wiles est vrai, comme vrai implique vrai, les deux théorèmes sont équivalents, et de même tous les théorèmes sont équivalents à celui de Pythagore. On se demande pourquoi Wiles et ses collègues chercheurs s'agitent fiévreusement pour démontrer des théorèmes si compliqués, alors qu'un seul, trivial, suffit à celui qui maitrise les tables de vérité…*
On renvoie à la capture vidéo de la conférence « Grandeur et misère de l'implication » de Daniel Lacombe, en ligne sur le site de l'IREM Paris VII : http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos

[23] Le petit livre « *Les métamorphoses du calcul* » de Gilles Dowek paru en 2007 aux éditions Le Pommier, fournit de quoi prendre du recul vis-à-vis de rivalités-haines bien secondaires entre intuitionnistes et constructivistes. Malgré tout le talent de cet expert qui coopère à la réforme des lycées, d'autres exposés ne font pas encore consensus, tel celui-ci: http://www.dailymotion.com/video/xdj7n1_gilles-dowek-diophante-l-infini-et_tech .

Revenons à l'actualité. L'introduction de la logique est désormais demandée « au fil des chapitres » dans les documents officiels des nouveaux programmes de lycée. Si le travail du groupe *Raisonnement, Logique et Preuve* de l'IREM de Grenoble avait été mieux connu par les rédacteurs du programme officiel, gageons qu'ils auraient rajouté que la logique gagne grandement à être distillée à l'occasion de recherches actives et argumentées sur des problèmes bien choisis.

6A – Gestation des SiRC et stage « Raisonnement, logique et preuve en seconde »

Cela fait dix ans qu'un travail didactique minutieux est mené à l'IREM de Grenoble. On y conçoit et teste régulièrement, en classe et dans d'autres contextes (ateliers de l'APMEP, Fête de la Science), toute une série de SiRC, Situations de Recherche pour la Classe, scénarisations adaptées à faire vivre le débat logique et argumenté au sein de la classe. Les concepteurs de ces SiRC choisissent résolument de ne pas mélanger les disciplines, pour ne pas superposer les difficultés, et s'efforcent de se conformer à un cahier des charges exigeant. Il s'agit de rassembler un certain nombre de qualités propres à émuler en classe des situations de recherche en bien des points comparables à la recherche professionnelle.

Ces dernières années, plusieurs stages PAF ont été proposés. Les animateurs invitent lors de la première journée du stage PAF les participants à se confronter à des problèmes mathématisables suivant différents points de vue. Les enseignants qui participent à ce stage sont invités à soumettre à leur tour ces mêmes questions à leurs élèves entre la première et la deuxième journée de stage. Sont indiqués les paramètres laissés aux élèves, et ceux à charge de l'enseignant. Un temps de discussion sur les observations de l'activité de recherche en classe est réservé pour la deuxième journée de stage.
Au dernier PAF, les SiRC ont partagé le temps d'un stage avec d'autres problèmes de logique.

6B – Petite liste de SiRC et des notions mathématiques associables

Pavages de polyminos / *algorithmes, théorèmes d'existence* / théorie des graphes
La chasse à la bête / *optimisation* / théorie des nombres, borne sup, borne inf
Objets géométriques discrets / *représentation définition* / géométrie euclidienne
Déplacements dans le plan discret / *définition* /Systèmes générateurs, minimaux, algèbre linéaire
Géométrie de la montagne / *représentation de l'espace* **/** axiomes d'Euclide
Polyèdres réguliers de l'espace / *définition, construction et preuve* / géométrie de l'espace
Polygones réguliers à sommets entiers /*récurrence, absurde* / géométrie combinatoire
Disques dans des triangles ou des carrés /*optimisation* / géométrie combinatoire, graphe
Plus de détails : voir http://educmath.inrp.fr/Educmath/ressources/actes-en-ligne/canada-france-education/grenier-bilingue.pdf

6C – Bilan et perspectives

Les situations mathématisables proposées sont attractives, faciles d'accès, et pertinentes à des niveaux très différents ; les connexions aux différents programmes se dévoilent au fur et à mesure de l'exploration des pistes de résolution ; c'est chemin faisant que l'élève (et le prof) parviennent à investir certaines de leurs connaissances dans leur recherche, car les connexions ne sont pas fournies *a priori* : chacun fait avec sa culture de départ, qui peu à peu se consolide et même,

DOCUMENT DE TRAVAIL

pour les élèves (et les profs) les plus accrocs, s'enrichit en progressant dans le traitement du problème.

Ce stage a l'ambition d'une formation scientifique solide ET attractive, et y parvient de manière convaincante. A travers ces SIRC, sont effectivement rendues vivantes de nombreuses notions de logique (raisonnement par l'absurde, etc.), plus marginalement d'algorithmique, et tout cela avec des dispositifs simples, sans pré-requis savants particuliers, et dont l'approche peut être faite à différents niveaux. Ceci génère une fraîcheur qui a suscité l'engouement des stagiaires. Chose remarquable, l'engouement gagne même les grands amateurs de TICE. Voilà bien des stages de formation continue qui resteront pertinents quelles que soient les évolutions technologiques à venir. Ce choix raisonné de la « basse technologie » est tout à fait complémentaire à un usage raisonné des TICE pour investiguer, conjecturer, et prouver.

Quelques réflexions-propositions :

- il est désormais bien identifié (jusqu'ici essentiellement ailleurs qu'en France) qu'un mode d'apprentissage « déconnecté[24] » permet d'excellentes et efficaces approches des concepts fondamentaux de l'algorithmique. Mais cette approche fait un peu défaut au sein des IREM. Il nous parait souhaitable que ces SiRC continuent à se développer et fournissent de nouveaux problèmes dont la résolution convoque, en mode « déconnecté », des preuves constructivistes par algorithmes enseignables au niveau lycée. L'ADIREM souhaite l'élaboration de SiRC orientées algorithmique, car elles auraient la grande qualité de permettre d'installer *a posteriori* des connaissances lourdes à formaliser *a priori* (amusez vous à demander indépendamment à deux ou trois spécialistes la définition qu'ils donnent du mot algorithme : il est à parier qu'ils auront des désaccords fondamentaux…).
- On note que des doctorants de l'Université Joseph Fourier de Grenoble (Cécile Ouvrier-Buffet, Karine Godot, Ximena Colipan, Simon Modeste ,…) ont été mis à contribution pour faire progresser cette recherche didactique autour des SiRC. Ce ne sont pas des cas isolés de doctorants associés au travail des IREM: pour ne citer qu'un autre cas très corrélé aux réformes actuelles du lycée, Zoé Mesnil travaille également sa thèse sur l'apprentissage de la logique en étroite collaboration avec René Cori, de l'IREM Paris 7, qui a beaucoup œuvré pour que le champ de la logique, longtemps resté un point aveugle des concepteurs des programmes du secondaire. C'est tout l'intérêt d'une synergie institutionnalisée entre pédagogie et didactique.

  Une orientation de la recherche en didactique vers le conseil et l'expertise des manuels scolaires pourrait être systématisée. Pour nourrir le débat autour de l'édition électronique, dont Sébastien Hache de l'association de profs de maths Sésamath est un des spécialistes proches du réseau des IREM, notons que les manuels électroniques libres (ceux dont le source est accessible et modifiable) ont la possibilité technique d'apporter rapidement des améliorations que le réseau des IREM leur suggérerait, contrairement aux manuels papier-CD-ROM.

[24] http://csunplugged.org/sorting-algorithms L'approche déconnectée («*unplugged »* pour les Anglophones) connaît un succès mérité.

DOCUMENT DE TRAVAIL

- 7 Stages d'**Algorithmique** IREM de Grenoble

contact : Bernard Lacolle Bernard.Lacolle@imag.fr

Préambule

L'algorithmique a fait son apparition dans les programmes de seconde dès la rentrée 2009-2010, et monte désormais jusqu'en Terminale. C'est une réforme ambitieuse qui, de fait, introduit une matière nouvelle dans le programme de mathématiques même si les instructions officielles donnent des pistes pour intégrer cette activité au fil d'un cours traditionnel de mathématiques. La question épineuse de la modernisation de l'enseignement des mathématiques tient avec l'algorithmique une piste très intéressante, et qu'il faut continuer à creuser, à l'instar de ce qui se fait à l'IREM de Grenoble. On sait que l'image des mathématiques souffre entre autres choses d'un manque d'éclairage sur leurs multiples applications. Les liens entre ce que l'on apprend à l'école et les logiciels incorporés aux technologies dont on fait quotidiennement un usage intensif seront certes mis en valeur par la quatrième option Informatique et Sciences du Numérique en Terminale S, mais cette option ne touchera que très peu d'élèves. Pour le reste des lycéens, les applications mathématiques est resté trop longtemps un point aveugle. Ce manque de publicité a fait des dégâts chez les élèves mais aussi chez les profs, qui se retrouvent souvent démunis face aux questions désarmantes des élèves « *à quoi ça sert, tout ça ?* ». Un bon usage pédagogique de l'introduction de l'algorithmique au programme des lycées peut au moins partiellement remédier à cela.

Des stages offerts au PAF par l'IREM de Grenoble avaient fait à plusieurs reprises ressortir une demande de la part des enseignants tant pour la discipline algorithmique que pour la réalisation d'activités algorithmiques pour la classe.

L'IREM de Grenoble associe traditionnellement des enseignants de mathématiques, mathématiques appliquées, informatique. Pour ne pas déroger à cette tradition qui s'est avérée féconde, le nouveau groupe « algorithmique » a enrôlé informaticiens et mathématiciens.

Le groupe a constaté que l'introduction de l'algorithmique par les enseignants était trop souvent confinée à quelques illustrations artificielles de certains points du programme de lycée. On taisait l'implication profonde des concepts de l'algorithmique dans les champs du raisonnement, de la logique et de la preuve. Le groupe s'est attelé de manière très convaincante à valoriser pédagogiquement la profondeur de ces liens entre mathématiques et algorithmique.

7A – *Elaboration du stage*

Le groupe IREM sur l'algorithmique s'est constitué durant l'année 2008-2009. La réalisation des stages s'est vite imposée non pas comme une contrainte, mais comme un des moteurs essentiels de sa réflexion. Un plan de stage était prêt en juin 2009. Dès le début de ces travaux, le groupe s'est efforcé de structurer la formation en deux parties:

- un exposé les cadres fondamentaux qui assurent cohérence à l'algorithmique,
- présentation d'activités pour la classe.

Pour la première partie vise à ce que les enseignants stagiaires acquièrent une culture scientifique minimale et une certaine hauteur de vue. Les notions importantes de logique, de preuve

DOCUMENT DE TRAVAIL

et de raisonnement y sont abordées indépendamment du programme de mathématiques en lycée. Pour la seconde partie, les concepteurs du stage se sont recentrés sur la pédagogie lycéenne. On y fournit plusieurs réponses à la question *leit-motiv* des enseignants: « *que faire en classe ?* ». Cela s'est fait de manière très vivante, en interaction avec les stagiaires.

Un stage se déroule sur 2 journées, espacées d'environ une dizaine de jours, et il est organisé et animé en général par un binôme « enseignant du secondaire - enseignant universitaire ». Chaque stage s'adresse à une vingtaine de stagiaires.

Une première journée est consacrée à :

- l'introduction à l'algorithmique sur des exemples simples suivie d'une expérimentation sur ordinateur,
- à des propositions de thèmes d'approfondissement, de thèmes d'exercices à transformer en situations pour la classe.

Une seconde journée est organisée autour de compléments sur l'algorithmique, de situations pour la classe, d'un travail sur ordinateur à partir de thèmes d'approfondissement.

Le temps est à peu près équitablement partagé entre le travail « hors machines » et sur «ordinateur ». Un travail personnel (propositions d'activités pour la classe, plus ou moins développées) a été demandé aux participants entre les deux journées de stage.

7B – *Documents ressources*

Au fil des stages a été retravaillé un document d'accompagnement, disponible en ligne sur le site de l'IREM de Grenoble. Même si ce document peut-être utilisé en tant que tel, il prend tout son sens comme document d'accompagnement de ce stage : il ne veut pas être un document de référence sur l'algorithmique. Il n'a pas plus la prétention d'être tel quel un outil de transfert de ce stage directement utilisable par des collaborateurs d'autres IREM. Il peut néanmoins servir de base à des échanges avec d'autres groupes IREM travaillant également l'algorithmique.

Le groupe fait également usage d'un forum d'échange réservé aux stagiaires. Y sont déposés divers documents d'aide (démarche, méthodologie, éléments de preuve,…).

7C – *Bilan et perspectives*

Ces stages de l'IREM de Grenoble ont permis d'approfondir la réflexion sur l'algorithmique des stagiaires, mais aussi des concepteurs et animateurs du stage.

Les points suivants ont été mis en évidence :

- les collègues stagiaires proposent souvent des activités trop difficiles et négligent l'importance de notions de base telle que l'affectation,…
- faire de l'algorithmique en soi sans liaison avec le cours de maths semble nécessaire, au moins au début,

DOCUMENT DE TRAVAIL

- il semble important de passer sur machine et d'utiliser un langage suffisamment proche de l'écriture « naturelle ».

Au-delà de la formation *stricto-sensu*, ces stages ont permis de donner un sens à des questions fondamentales comme :

- l'algorithmique a-t-elle une place naturelle dans les mathématiques ?
- faut-il introduire l'algorithmique dans la formation des enseignants de mathématiques : stages, programmes du CAPES,…
- quelle liaison entre l'algorithmique et les futurs modules « Informatique et Sciences du numérique » ?

Ces questions vont probablement être très structurantes dans l'avenir de l'enseignement des mathématiques au lycée. Les animateurs de ces stages ont constaté avec plaisir que les professeurs de lycée et collège côtoyés se sentaient pleinement impliqués. Il semble donc bien que par le truchement de l'algorithmique, on tienne un moyen assez consensuel de moderniser l'enseignement des mathématiques. Nul doute que la question de la formation des enseignants sera fondamentale sur ces domaines particuliers et que la question des moyens mis à disposition sera essentielle.

Des thèses sur la mise en valeur pédagogique de l'algorithmique sont en cours. Il serait intéressant de suivre de plus près ce travail fouillé. On pense en particulier à un travail de recherche mené par une collaboratrice de l'IUFM de Montpellier, mais une recherche plus systématique permettrait de mettre en synergie ce travail de recherche didactique et le travail du réseau des IREM.

Un sous groupe de la Commission Inter IREM Lycée travaille, sous la houlette du directeur de l'IREM de Clermont-Ferrand, Alex Esbelin, à la rédaction d'un document compilant des morceaux choisis de documents réalisés par les IREM sur le thème de l'algorithmique. A suivre…

DOCUMENT DE TRAVAIL

ANNEXES

Préambule

L'intérêt et la qualité du travail mené dans les IREM fait historiquement consensus auprès des enseignants du secondaire, qui considèrent par exemple comme une promotion l'intégration d'un de leur pair à un groupe IREM. Les Inspecteurs Pédagogiques Régionaux et des Inspecteurs Généraux savent qu'ils y côtoieront des enseignants dynamiques, motivés et inventifs.

L'ensemble du système éducatif français est assujetti à des coupes budgétaires cruelles. Ce serait s'enfermer dans un déni de réalité que de ne pas tirer la sonnette d'alarme. Les sondages et échanges réalisés pour la confection du présent catalogue révèlent que l'image favorable qu'ont des IREM l'ensemble des acteurs de l'Education Nationale pourrait rapidement se dégrader. Les collaborateurs IREM de longue date continuent à faire preuve de dévouement, parfois par-delà l'âge de la retraite : ils bénéficient encore d'une sorte d'élan né de la reconnaissance institutionnelle dont ils ont pu bénéficier par le passé, sous forme de décharge, sous forme de moyens importants pour organiser leur stage de formation continue. Ils bénéficient de la capitalisation de savoirs et savoir-faire élaborés au fil de leurs années de collaboration. Mais ce dévouement tranche avec une forme de scepticisme que l'on rencontre souvent chez les collaborateurs plus jeunes, dont la participation à des groupes IREM est bien plus éphémère, puisque « fondée » sur des moyens insuffisants et précaires. Si la construction d'institutions tels les IREM où l'excellence peut s'allier à l'enthousiasme est lente, la destruction de tels lieux peut être d'une rapidité foudroyante.

Tous les lecteurs de ce catalogue sont donc invités à exercer leur soutien aux IREM dans l'espoir de traverser sans trop de dégâts cette difficile époque de turbulences budgétaires.

Mais pour ne pas se borner à tirer une sonnette d'alarme, l'ADIREM vous soumet quelques propositions de nouvelles actions pour les IREM, qui reprennent et détaillent des points abordés dans ce catalogue. Ces actions visent, entre autres choses, à doter les IREM d'outils modernes et ainsi à attirer durablement du sang neuf parmi les collaborateurs IREM.

DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe-Proposition 1

Base de données « profs partageurs » : comment ? Pourquoi ?
(ré ?)amorcer/nourrir un débat au sein du réseau des IREM et au-delà

Amender le cahier des charges des Espaces Numériques de Travail dont on dote actuellement tous les lycées et collèges, pour en infléchir les usages présents et à venir et en profiter pour alimenter une base de données « Profs partageurs »

Une opportunité pour les IREM, pour la didactique

L'Education Nationale ne s'est jusqu'ici pas donnée les moyens de capitaliser industriellement les pépites pédagogiques (cours/TD/TP/QCM intelligents/figures et macros de géométrie dynamique/…) qui sommeillent dans les disques durs des enseignants. La base de données du Ministère EDU'bases http://www.educnet.education.fr/bd/urtic/maths/ ne décolle pas vraiment. Il faudrait contacter ses artisans pour en savoir plus, comme mener enquête au niveau international, comme du côté des Ressources Educatives Libres (REL) http://www.centre-inffo.fr/Les-ressources-educatives-libres.html. Il faudrait encore interroger Christian Mercat, directeur de l'IREM de Lyon, principal promoteur français de la base de données du projet européen InterGeo, sur les difficultés qu'il a rencontrées pour alimenter la base de données de figures de géométrie dynamique du projet. On conclurait vraisemblablement que la difficulté est double : amorcer la pompe de l'alimentation de la base et amorcer les usages du public cible pour que la base devienne une référence professionnelle. Or les ENT offrent l'opportunité de surmonter ces deux difficultés.

Diverses associations très actives (APMEP, diverses associations de professeurs de classes préparatoires aux grandes écoles, Sésamaths, …) ont fait des expériences intéressantes et concluantes, à leur échelle. Les « bases d'exercices de mathématiques » fleurissent sur le net et mériteraient elles aussi d'être observées et analysées de plus près. Mais cela reste du bricolage artisanal par rapport au potentiel industriel qui s'ouvre. Car avec le développement et l'institutionnalisation d' Espaces Numériques de Travail, on change d'échelle : la centralisation des documents commis par le corps enseignant est désormais potentiellement exhaustive. D'autres acteurs que le Ministère s'intéresseront tôt ou tard à ce filon. Il y a avec les ENT un changement d'échelle, et les appétits des marchands de technologies éducatives vont se faire plus vifs. Et si le réseau des IREM prenait les devants ?

Chaque Région offre désormais aux enseignants en lycées des Espaces Numériques de Travail. Ces ENT sont actuellement développés par des entreprises qui sont en relation plus ou moins étroites avec les cellules techniques et juridiques de l'Académie concernée. Des discussions informelles menées dans une académie nous confortent dans l'idée que chaque IREM devrait entrer en contact avec les acteurs de son Académie pour proposer de mettre en place une **base de données « profs-partageurs »**. Il s'agirait pour cela que les IREM s'emploient à infléchir le cahier des charges pédagogiques des ENT, en bonne intelligence avec les diverses parties engagées dans les projets régionaux des ENT. Les Académies qui se concentrent actuellement sur le volet administratif suivront les traces des usages pédagogiques les plus convaincants des autres Académies. L'Académie de Montpellier a d'emblée prévu dans son cahier des charges des usages pédagogiques au sein de l'ENT. La plateforme d'apprentissage en ligne *Moodle* a été choisie pour cela. Chaque enseignant de mathématiques sera invité à déposer des cours, des

DOCUMENT DE TRAVAIL

Travaux Dirigés, des QCM plus ou moins sophistiqués pour ses élèves. **Il n'est pas techniquement compliqué pour les entreprises qui développent les ENT que d'amorcer la pompe d'une base de données « profs-partageurs ». Il suffirait de demander à ce que l'enseignant qui procède à ses premiers téléversements de document(s) soit automatiquement invité à cocher une case «** *Je verse également ce document dans la* **base de données « profs-partageurs »**, *avec la licence* **(à préciser)**, *base dont le but est l'enrichissement de l'ensemble de la communauté éducative de l'enseignement public.* Ainsi on commencerait à alimenter de manière substantielle une base de données dont la gestion technique serait prise en charge par l'entreprise qui développe l'ENT et dont la gestion pédagogique/recherche en didactique serait confiée au réseau des IREM et aux éventuels chercheurs en didactique intéressés. Le didacticien Luc Trouche (IFE) a récemment piloté un projet de recherche en didactique sur la plateforme *Pairform@nce*, elle aussi basée sur *Moodle*. Mais les collègues du secondaire qui ont testé cette plateforme n'ont malheureusement pas pu s'appuyer sur une base substantielle de données de TP/Cours/TD /QCM sophistiqués/…. Pour accompagner la composition de parcours pédagogiques cohérents, les stagiaires se sont uniquement appuyés sur le contenu des disques durs des animateurs des stages... Avant l'heure, il n'était pas l'heure. Ce genre de recherche en didactique (comment composer un cours avec des briques élémentaires de qualité en libre accès pour qui de droit**, à préciser**) pourrait dans un avenir proche se mener de manière plus outillée.

Une telle **base de données « profs-partageurs » (ou « profs coopérants » ?)**, alimentée au niveau régional, aurait en fait à terme une dimension nationale, qui peut intéresser d'autres acteurs. Cette base pourrait-elle s'internationaliser quelque peu, ne serait-ce que par le biais des documents par les enseignants qui ont en charge une classe européenne ou une DNL, en bonne intelligence avec Emilangue. L'ENS de Lyon a des projets de suivi des usages pédagogiques des ENT. D'autres projets déjà en cours financés par l'Union Européenne trouveraient probablement quelque intérêt à se brancher sur une telle base de données.

Une telle **base de données « profs-partageurs »** nécessiterait certes un travail d'ingénierie important (production de méta-données pour chaque document, mise en conformité avec les normes Learning Object Metadata etc.). Mais en se greffant sur les projets académiques actuellement en développement, le travail technique n'incomberait pas aux IREM, mais à l'entreprise enrôlée par la Région : les IREM se contenteraient de faire évoluer le cahier des charges pédagogiques, en tant que simples consultants des cellules technico-juridiques des Rectorats/CRDP concernés.
L'expertise reconnue de groupes IREM dans divers champs didactiques pourrait être enrôlée pour contrôler et garantir une homogénéité et une qualité de ce qui est proposé, par exemple suivant un ptotocole précisé au paragraphe **1D** du présent document.
L'enjeu de la capitalisation des pépites qui dorment dans les disques durs des enseignants de maths est une problématique dont il va falloir se saisir, sauf à le laisser à d'autres que les IREM, probablement moins orientés vers l'objectif de partage de cette richesse, qui, je le rappelle, est financée par de l'argent public.

L'ADIREM insiste sur un point qui lui parait trop peu débattu: l'impréparation actuelle des enseignants quant aux droits d'exploitations des publications numérisées risque de faire les pillages de demain.

DOCUMENT DE TRAVAIL

Annexe-Proposition 2

(ré ?)amorcer/nourrir un débat au sein des IREM et au-delà

Promotions, usages et éventuellement productions de vidéos de mathématiques :

quel rôle pour les IREM ?

« *Donner à voir ce que l'on pense* **» (Klein)** et **«** *Montrer ce qui s'explique difficilement par le seul langage***» (anonyme)**

Jusqu'à une date relativement récente, faire une vidéo de mathématiques nécessitait l'engagement de moyens lourds, coûteux. Seuls des programmes éducatifs soutenus par des télévisions (feu la Cinq ou Arte), ou par des instituts (CNED, Réseau Sceren, école Polytechnique) étaient de taille à établir des partenariats avec l'Education Nationale pour produire des films. L'association « Ecoutez-voir » animée par François Tisseyre a longtemps été à l'avant–garde. Elle a notamment distribué le film précurseur « *La dynamique du lapin* » d'Adrien Douady: travail de vulgarisation très riche sur un bel ensemble de Julia. A titre d'une diffusion très confidentielle, pour le compte de notre réflexion au sein de l'IREM, a été mis en accès privé ce film : http://vimeo.com/22544626 avec accès sécurisé par le mot de passe suivant: **lapin1996julia**.

Une autre personnalité forte s'était déjà affirmée: le professeur Tom Apostol aux Etats-Unis avaient réussi à convaincre suffisamment de gens influents pour rassembler les moyens de concevoir des films de qualité. Les films d'Apostol sont désormais libres de droit et disponibles en ligne en version française grâce au travail d'Eliane Cousquer, et avec l'appui de l'IREM de Lille : http://www.mediamaths.net/ .

Plus récemment, le chercheur Etienne Ghys (CNRS), épaulé par un ingénieur spécialiste de l'édition d'images sophistiquées de mathématiques, Jos Leys, renouvellent le genre et connaissent un succès important, en particulier avec leur film « Dimension » http://www.dimensions-math.org/Dim_download.htm dont un groupe à l'IREM de Rennes s'attache à définir les usages pédagogiques qui pourraient en être tirés. Etienne Ghys a par la suite utilisé la webcam conforme de Christian Mercat, directeur de l'IREM de Lyon, dans sa conférence de vulgarisation sur certains travaux de recherche d'Henri Poincaré http://vimeo.com/20388468 , pour proposer une vulgarisation de la théorie de Galois.

A présent, en 2011, des productions plus nombreuses sont envisageables: la technologie est mure, simple, à coût quasi-négligeable. Sans prétendre produire des images aussi professionnelles que celles de Jos Leys et Etienne Ghys, de simples enseignants du secondaire, amateurs de géométrie dynamique peuvent à l'aide d'un logiciel de capture vidéo d'écran faire des vidéos intéressantes pour leurs élèves. A titre d'exemple de ce que l'on peut faire sans savoir-faire pointu, on a mis en ligne des vidéos faites très rapidement pour fixer les idées : par exemple une initiative d'un prof de collège : http://maths-videos.com/ , une interprétation géométrique de l'algorithme d'Euclide http://www.youtube.com/watch?v=6Ixg8an3g2g ou une introduction à la géométrie hyperbolique que pour le compte du groupe maths-philo de Montpellier: http://vimeo.com/10239313 ,

DOCUMENT DE TRAVAIL

le groupe géométrie dynamique de l'IREM de Toulouse a conçu des vidéos d'appropriation d'imagiciels, etc. Les techniques plus sophistiquées, avec Quizz/QCM intégrés à la vidéo à base de technologie *flash* (ou autres ?), sont en train d'émerger. D'autres initiatives fleuriront plus ou moins anarchiquement. Les profs de la nouvelle génération (et leurs élèves…) seront probablement plus friands de ce type d'approche que leurs prédécesseurs… Sans rentrer dans un découpage fin, se dessinent déjà clairement deux grandes catégories de films : d'**une part les vidéos contenant essentiellement des images d'objets mathématiques produites par ordinateur**, comme le film d'Adrien Douady, et d'**autre part les captures vidéo de conférences**, telles celles que l'on trouve sur des sites IREM (http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos ou http://www.irem.univ-rennes1.fr/ressources/videos/index.htm) ou encore à l'Université de tous les savoirs http://www.canal-u.tv/ , ou encore à l'ENS http://www.diffusion.ens.fr/ ou, pour les professeurs des écoles: http://www.uvp5.univ-paris5.fr/tfm/ . Pour ce qui est de la catégorie des **captures vidéo de conférence**, les IREM de Paris 7 et de Rennes montrent la voie. Il faudra en effet capitaliser les cycles de conférences en les enregistrant. Améliorations souhaitables:

- Prévoir d'améliorer la capture son ; des appareils d'enregistrement du son performants et d'utilisation simple sont désormais accessibles à un coût modique ; pour 150 euros, on dispose d'enregistreurs dont les performances sont convaincantes même dans des salles dont l'acoustique est médiocre, même lorsque l'assistance est parfois dissipée; ce point deviendra crucial lorsqu'on cherchera à mettre en œuvre des algorithmes de *speech to text* ;
- il faudra comme montage minimaliste non seulement mettre un générique comme le fait l'IREM de Paris 7 et l'IREM de Rennes, mais aussi couper les temps morts ;
- il faudra s'atteler à fournir cadre juridique adéquat pour les problèmes de droit à l'image : on pourra pour cela interroger les personnes responsables de l'Université de tous les Savoirs ;
- il faudra à terme, lorsque le fond de vidéos de captures vidéos de conférence sera trop important (c'est déjà presque le cas pour l'IREM de Paris 7), que le réseau des IREM s'appuie sur le développement des logiciels de transcriptions vocales (speech-to-text http://www.vocapia.com/voxsigma.html) pour qu'un moteur de recherche interne permette un accès fin à ces bases de données de vidéos de maths. Pour fixer les idées, je renvoie à une démo de ce qu'il serait souhaitable à terme de reproduire dans le champ des vidéos de maths : http://voxaleadnews.labs.exalead.com/
- Divers projets pourraient développer des outils complémentaires à ceux de la précédente démo de Voxalead, comme *Annotate Digital Video, Exchange on the Net* et *Cinelab* (http://liris.cnrs.fr/advene/ et http://liris.cnrs.fr/advene/cinelab.html). On pense en particulier à terme à l'indexation automatique : on taperait dans le moteur de recherche « théorème » et serait non seulement renvoyée la liste des vidéos où le mot « théorème » est prononcé au moins une fois, mais de plus on bénéficierait de l'indexation temporelle au sein des vidéos de toutes occurrences de la prononciation de ce mot ; un bouton « occurrence suivante » permettrait ainsi de naviguer très rapidement au sein de la vidéo qui nous intéresse. Spécialiste à contacter: Olivier Aubert, ingénieur recherche, http://liris.cnrs.fr/olivier.aubert/ .
- Articuler ces banques de données vidéos avec de la formation continue des enseignants de mathématiques est une piste envisageable. De simples captures vidéo d'écran+ commentaires audio de diaporamas utilisés en formations pourraient être mis en ligne sur des serveurs du réseau des IREM : ils expliciteraient l'implicite des diaporamas, et rendraient plus transférables ces formations.

DOCUMENT DE TRAVAIL

- Prévoir de rassembler dans ces banques de données des vidéos destinées au grand public, comme par exemple l'intervention de Dominique Barbolosi à la télévision: http://ma-tvideo.france2.fr/video/iLyROoafvx30.html
- L'idée de capitaliser au bénéfice de l'ensemble du réseau IREM et des enseignants les exposés s'impose d'elle-même en visionnant quelques vidéos des conférences qui ont eu à l'IREM de Paris 7, à Rennes ou ailleurs. Certains thèmes récemment introduits au programme des lycées, comme l'algorithmique, ont suscité diverses contributions (Antoine Meyer, François Laroussinie à Paris 7, ou encore Evelyne Barbin http://www.irem.univ-rennes1.fr/ressources/videos/algorithme/barbin.html à Rennes et, hors IREM, Gilles Dowek http://www.dailymotion.com/video/xdj7n1_gilles-dowek-diophante-l-infini-et_tech , etc.)
- Capitaliser, cela signifie que l'on peut par exemple imaginer que la formation continue soit très partiellement réalisée à distance avec de tels dispositifs ; mais capitaliser, cela peut aussi vouloir dire réinvestir dans d'autres contextes. Des formations aux ENT sont assurées par les cellules TICE des Rectorats *via* des visioconférences filmées, partages d'écran et tutoriels vidéos, comme sur Montpellier:http://193.50.71.243/channels/ateliersENT/ Il faut observer l'impact de ce type de formations « factorisées » sur les mœurs professionnelles.

Pour ce qui est des **vidéos contenant essentiellement des images d'objets mathématiques produites par ordinateur**, l'IREM pourrait s'engager d'ores et déjà dans deux pistes à l'aide de logiciels de capture vidéo d'écran d'ordinateurs :
- *Montrer ce qui s'explique difficilement par le seul langage parlé* La piste des tutoriels vidéos des logiciels sont l'usage par les profs et par les élèves est au programme des collèges et lycée. La prise en main assistée par tutoriels vidéos des calculatrices (*via* les émulateurs et logiciels de capture vidéo d'écran), ou de logiciels à buts éducatifs permet un gain de temps indéniable, en faisant passer le cap ingrat des premiers pas aux élèves…comme aux collègues enseignants rétifs. Alex Esbelin, directeur de l'IREM de Clermont, a prévu d'annexer de tels tutoriels pour Python, Algobox, Scratch ou des GUI de Python à un ouvrage sur l'algorithmique qu'il pilote, à paraître courant de l'année scolaire prochaine.

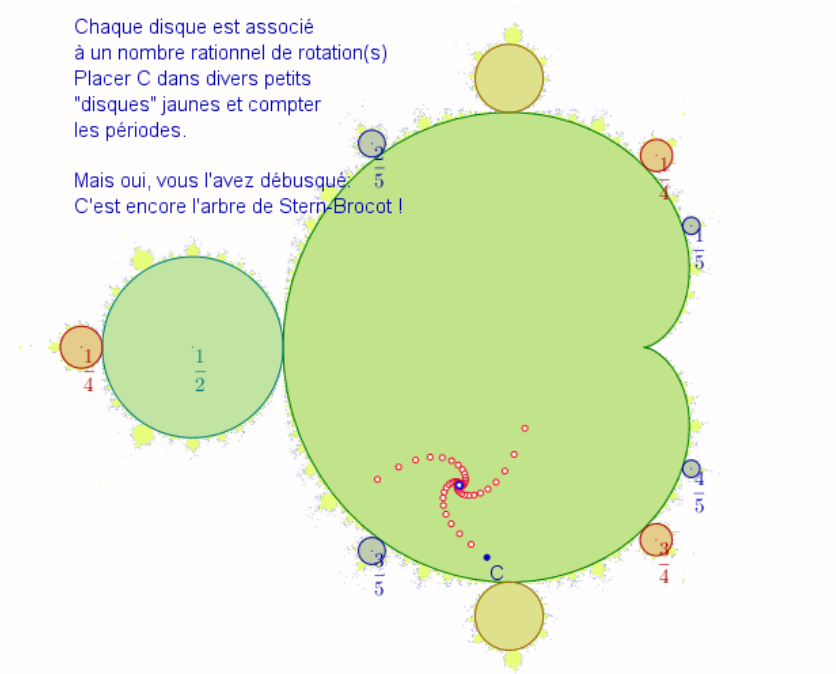
- Le traitement des images (disons, pour commencer, en niveau de gris) peut être l'objet d'activités pédagogiques stimulantes, joignant la notion de fonction et la notion d'algorithme : solarisation, noir et blanc sans nuance, etc.).

- Dans un avenir un peu plus lointain (Qui sait ? Des figures de géométrie dynamique que produit par exemple Alain Busser, dont on fournit un aperçu ci-dessous, se superposent à des images de l'ensemble de Mandelbrot, et laissent entrevoir qu'il ne s'agit pas de science fiction…), il serait très novateur que de soutenir les équipes de développement de logiciel de géométrie dynamique comme CaRMetal, Cinderella ou autres pour qu'elles parviennent à articuler et coordonner des logiciels de traitement d'images avec leur logiciel.

La géométrie dynamique franchira un jour le mur de l'infiniment petit en décuplant la tessiture de ses zooms. Il faudra pour cela surmonter des problèmes techniques de réajustement dynamique des pixels des images de fond (voir par exemple en prototype cela : http://vimeo.com/12185093 il est permis de couper le son de cette vidéo d'hyper-zoom et de ne pas la regarder intégralement). Reformulé pour le néophyte, si les équipes qui développent les logiciels de géométrie dynamique sont soutenues, il se peut que la technologie évolue au point de permettre de produire **avec des**

DOCUMENT DE TRAVAIL

outils très allégés, appropriables par tout enseignant, dès lors qu'il en maitriserait le contenu mathématique, des exposés tels « *La dynamique du lapin* ». Ainsi donnerait-on un nouvel élan au souhait de Klein : *Donner à voir ce que l'on pense* ou, en tout cas, stimuler substantiellement le développement de la pensée mathématique par de nouveaux modes de transmission…


Chaque disque est associé
à un nombre rationnel de rotation(s)
Placer C dans divers petits
"disques" jaunes et compter
les périodes.
Mais oui, vous l'avez débusqué.
C'est encore l'arbre de Stern-Brocot !
C

Sélection webographique qui montre que les profs s'approprient de manière diverse l'outil vidéo:

Un interview :

http://www.dailymotion.com/video/xf4bda_ph-mercier-createur-d-une-plateform_lifestyle

Des compilations dues à ce prof ou d'autres profs isolés, sans appui de quelque institution :

http://www.wat.tv/logedu

http://www.netprof.fr/Mathematiques/Tous-les-cours-en-video,5,0,0.aspx

http://maths-videos.com/

http://www.dailymotion.com/video/x2twzr_fonctions-affines-3eme_school

Des vidéos intéressantes, non directement ciblées pour un apprentissage institutionnel :

http://web.mac.com/xgviennot/Cont_Science/vid%C3%A9os.html

Des vidéos émanant du site "univers sciences" soutenu par la Cité des Sciences et le Ministère de l'Education Nationale, qui met à disposition des ressources spécial MPS
http://www.universcience.fr/fr/education/contenu/c/1248117072495/methodes-et-pratiques-scientifiques/

DOCUMENT DE TRAVAIL